nature
الطبعة العربية
الدورية العالمية للعلوم

أغشية شبيهة بالخفافيش في ديناصور *Ambopteryx* تعيد النظر في تطوُّر الطيران لدى الديناصورات
صفحة 53

صراع الأجنحة

طاقة
كربون أقل.. ومخاطر أكثر
التهديدات الجيوسياسية التي تشكِّلها مصادر الطاقة المتجددة
صفحة 37

علم المياه
مسار غير طبيعي
وضع خرائط لأشكال الخلل الذي أَدْخَله البشر على حرية تدفق الأنهار
صفحة 53

صحة
وباء السِّمنة
المناطق الريفية تقود ارتفاع معدلات اكتساب الوزن حول العالَم
صفحة 46، 57

ARABICEDITION.NATURE.COM
يونيو 2019 / السنة السابعة / العدد 59
ISSN 977-2314-55003

nature

يونيو 2019 / السنــة السابعة / العـدد 59

تُنشَر مجلة "نِيتْشَر" ـ وترقيمها الدولي هو (5587-2314) ـ مِن قِبَل مجموعة نِيتْشَر للنشر (NPG)، التي تعتبَر قِسمًا من ماكميلان للنشر المحدودة، التي تأسَّست وفقًا لقوانين إنجلترا، وويلز (تحت رقم 00785998). ومكتب ويلز المسَجَّل يقع في طريق برونيل، هاوندميلز، باسينجستوك، إتش إيه إن تي إس، آر جي 21 6 إكس إس. وهي مُسَجَّلَة كصحيفة في مكتب البريد البريطاني. أمّا بخصوص الطلبات والاشتراكات، فيُرجَى الاتصال بمكتب دبي. وفيما يتعلق بمَنْح التفويض لعمل نُسخ مصوَّرَة للاستخدام الداخلي أو الشخصي، أو الاستخدام الداخلي أو الشخصي لعملاء محَدَّدين، فهذا الأمر يتعلق بموافقة "نِيتْشَر" للمكتبات، والكيانات الأخرى المسَجَّلَة من خلال مركز إجازة حقوق الطبع والنشر، ومقرّه في 222 روز وود درايف، دانفيرز، ماساشوسيتس 01923، الولايات المتحدة الأمريكية. والرقم الكودي لـ"نِيتْشَر" هو: 03/0836-0028، باتفاقية النشر رقم: 40032744. وتُنشَر الطبعة العربية من مجلة "نِيتْشَر" ربع سنويًا.

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم

أهلًا بكم في عدد ربع سنوي جديد من دورية "*Nature* الطبعة العربية"، حيث نعرض لكم مختارات من أهم ما نُشر في دورية *Nature* الدولية في أعدادها المنشورة في الفترة من إبريل إلى يونيو 2019، حيث يضم هذا العدد بين جنباته إضاءات على آفاق تقدُّم العلوم.

نستعرض في قسم «أخبار في دائرة الضوء»، وتحت عنوان "إبقاء أدمغة الخنازير حية لعدة ساعات خارج الجسم"، كيف تمكَّن باحثون من إحياء أدمغة خنازير خارج أجسامها، بعد أربع ساعات من ذبحها، في سابقة تثير الكثير من التساؤلات الأخلاقية، والقانونية. كما نتعرف على أوَّل لقاح ثبتت فاعليته في الوقاية من الملاريا، حيث استغرق الإعداد له 32 عامًا، بتكلفة أكثر من 700 مليون دولار أمريكي، وذلك تحت عنوان "طرح لقاح جديد للملاريا في أفريقيا.. في ظل شكوك بشأن فاعليته".

ونتحول من مشكلات الأرض إلى آفاق الفضاء الواسع، وعلى وجه الخصوص نحو المريخ، حيث يتزايد لغز الميثان على الكوكب الأحمر غموضًا، بعد أن فشل متتبع أثر الغازات المداري الأوروبي الروسي في أن يرصد أي أثر للغاز في الغلاف الجوي للمريخ حتى الآن. وتحت عنوان "التقاط أول صورة لثقب أسود.. بدقة مذهلة"، نستكشف مزيدًا من التفاصيل حول هذا الحدث الفريد من نوعه، الذي يُعَد من أقوى إثباتات نظرية النسبية لأينشتاين، وكيف يمكن أن يستفيد العلماء منه.

وفي قسم «التحقيقات»، وتحت عنوان "جسر الصين إلى أفريقيا"، نستكشف كيف ظهرت أفريقيا كشريك أساسي في «مبادرة الحزام والطريق الصينية»، التي تشير التقديرات إلى أن تكلفتها أكثر من تريليون دولار أمريكي، والتبعات الإيجابية لذلك على العلم في القارة السمراء. وفي تحقيق آخر، وتحت عنوان "ميكروبات مُراوِغة تُعِيد هيكلة شجرة الحياة"، نحاول التعرف على أصل الكائنات الحية المعقدة، من خلال استكشاف مجموعة من الميكروبات، أُطلِق عليها اسم الإله «لوكي» تُعِيد كتابة قصة بالغة الأهمية عن جذور الحياة المبكرة، وغيره من مخلوقات الأساطير الإسكندنافية.

وفي قسم «التعليقات»، وتحت عنوان "كيف سيعيد التحول في مجال الطاقة تشكيل الواقع الجيوسياسي"، يحذِّر أندرياس جولدثاو، وكريستِن ويستفال، وزملاؤهما من أن المسارات إلى اقتصاد منخفض الكربون ستخلق منافسات، ويطرحون أربعة سيناريوهات جيوسياسية، لتوضيح مدى تنوع أشكال هذه النقلة بحلول عام 2030.

وفي قسم «كتب وفنون»، وتحت عنوان "نشأة الحياة من منظور جديد"، تستعرض الكاتبة سارة إماري ووكر كتاب ستيوارت كوفمان المثير للجدل «عالَم ما وراء الفيزياء»، الذي يتناول فيه لغز نشأة الحياة من مادة غير عضوية، ويرى أنه لا يمكن تفسيرها في ضوء قوانين الفيزياء الحالية. وفي القسم نفسه، وتحت عنوان "البرمجة: المُؤثِّرون في صمت"، يشيد لي جونج بكتاب «المبرمجون»، الذي يلقي الضوء على مجموعة من الأفراد الذين يشكلون الكثير من نواحي الحياة حولنا، ويبين كيف يفكِّرون، ويوضح أنماطهم السلوكية، ونفسياتهم، وكيف يؤثِّرون على المجتمع بأسره.

ونسلط الضوء على عمل الباحثين والعلماء في قسم «مهن علمية» بطريقة غير تقليدية، حيث ننشر في هذا العدد مجموعة من أبرز الصور الفائزة في مسابقة دورية *Nature* السنوية للتصوير، التي كانت بعنوان «عالِمٌ.. في أثناء تأدية عمله» #ScientistAtWork، والتي تقام للعام الثاني على التوالي، حيث جذبت 370 مشارَكة بالصور من كافة أرجاء العالَم.

وفي قسم «أنباء وآراء»، يستعرض هود ليبسون تحت عنوان "روبوتات ذات تناسق حركي متقن" دراسة نُشرت في مجلة «ساينس روبوتكس» *Science Robotics*، قد تكون بمثابة خطوة فاصلة نحو التغلب على تحدِّي الفجوة بين المحاكاة والواقع فيما يتعلق بالروبوتات. وتحت عنوان "المناطق الريفية تسجِّل أعلى معدلات زيادة الوزن عالميًّا"، يتناول باري إم. بوبكين دراسة واسعة النطاق تُعارِض الرأي السائد بأن الزيادة العالمية في معدلات انتشار السمنة مشكلة تخص المناطق الحضرية، وذلك من خلال إثبات أن زيادة الوزن في المناطق الريفية هي العامل الرئيس وراء وباء السمنة في الوقت الراهن.

هذا.. وسنطلعكم على مجموعة مختارة من ملخصات الأبحاث العلمية التي نُشرت في دورية *Nature* خلال هذه الفترة، بالإضافة إلى نبذة عن تلك المنشورة في الدوريات العلمية الأخرى ذات الثقل، وأبرز أخبار مجتمع العلوم، وغيرها من التقارير المتنوعة.

رئيس التحرير
علياء حامد

المحتويات

يونيو 2019 / السنة السابعة / العدد 59

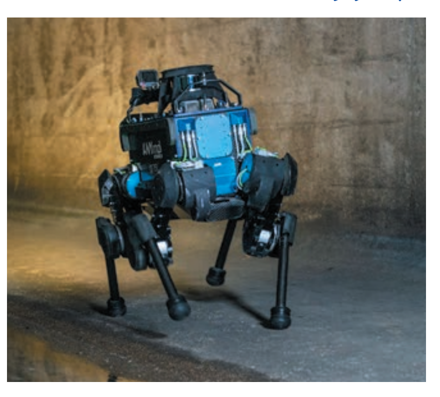
تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات

يونيو 2019 / السنة السابعة / العدد 59

أبـحــاث

أنباء وآراء







عن الغلاف
صراع الأجنحة
يصف مين وانج وزملاؤه الديناصور الذي جرى التعرف عليه حديثًا (*Ambopteryx longibrachium*). وينتمي *Ambopteryx* إلى العصر الجوراسي المتأخر، الذي يعود إلى حوالي 163 مليون سنة مضت. وعلى عكس أغلب الديناصورات من نوع scansoriopterygid، امتلك هذا الديناصور ريشًا وأجنحة غشائية شبيهة بأجنحة الخفافيش، على حدٍّ سواء، مدعومة بعَظْمة ملحَقة، يُطلَق عليها «العنصر إبْرِيّ الشكل».
صفحة 53

ملخصات الأبحاث







كتبٌ ومجلاتٌ جديرةٌ بالقراءة، في مجالات العلوم والتقنية والإبتكار...



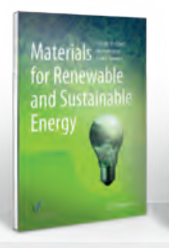












كتب مؤلفة	كتب التقنيات الاستراتيجية	ثقافتك	مجلة العلوم والتقنية	مجلة العلوم والتقنية للفتيان	مجلة نيتشر الطبعة العربية	KACST Peer Reviewed Journals
صناعة إنتاج المعرفة	الإعداد للتقنيات الاستراتيجية	نحو مجتمع مثقف علمياً	إثراء المعرفة العلمية	إعداد النشء لمستقبل أفضل	نقل وتوطين المعرفة	Journals for Strategic Technologies



http://publications.kacst.edu.sa

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الرقم: 340517



بناء نموذج مستدام من مبادرة الحزام والطريق

مبادرة الحزام والطريق الصينية الضخمة في طريقها لإعادة تشكيل ملامح البحث العلمي في بلدان الجنوب. وعلى كل قيادات العلم في كل مكان أن تعكف على إضفاء الشفافية لهذه المبادرة، وجعلها صديقة للبيئة، وخالية من تضارب المصالح.

إنّ «عرش الأصول»، أو ما يعرف بـ«تختي باهي» Takht-i-Bahi، هو مُجمع أديرة بوذية، عمره 2000 عام، ويُوجَد في مكان غير متوقع، ألا وهو قمة تل في شمال باكستان ذات الأغلبية الإسلامية، لكن تعود أصوله إلى العصر الذي ساعدت فيه هذه المنطقة في نشر ديانة البوذية في الصين. وقبل قرون، كانت هذه المنطقة تطل على أحد «طرق الحرير التجارية»، التي تربط الصين بدول غربية بعيدة، وصولًا إلى أوروبا. وكانت هذه الطرق بالنسبة إلى العالَم القديم بمثابة شبكة الإنترنت في عصرنا الحالي، إذ كانت تربط بين شعوب من مناطق بعيدة عن بعضها بعضًا، وتنقل الفنون، والثقافات، والأديان، والعلوم، بالإضافة إلى السلع.

أما اليوم، فصارت هذه الحركة تتدفق في الأغلب في اتجاه واحد. على عمق مائة متر أسفل الدير، يوجد طريق سريع، أُنشئ حديثًا، لحد أن عدد الحيوانات عليه لا يزال يفوق عدد السيارات على أسفلته الحديث. ويُعَدّ هذا الطريق السريع جزءًا صغيرًا من شبكة ضخمة من الطرق، وخطوط السكة الحديد، والمطارات، والموانئ البحرية الجاهزة لنقل البضائع إلى 126 دولة وقَّعَت معها الصين اتفاقيات تعاوُن، ضمن إطار ما يسمى بـ«مبادرة الحزام والطريق» (التي يُشار إليها اختصارًا بـBRI).

> **"مبادرة الحزام والطريق لديها القدرة على تسريع عملية توليد المعارف".**

وتُعد مبادرة الحزام والطريق المشروع الأكبر لتأسيس بنية تحتية عالمية النطاق منذ مشروع «مارشال» Marshall، الذي قام من أجل إعادة إعمار أوروبا بعد الحرب العالمية الثانية. وتشير التقديرات المتحفظة إلى أن تكلفة المبادرة الإجمالية سوف تصل إلى تريليون دولار أمريكي تقريبًا.

وتمثل التجارة أهم ما تركز عليه مبادرة الحزام والطريق، لكن زعماء الصين يقولون إن العلوم تمثل جانبًا مهمًا أيضًا بها. ومن هنا، انطلق فريق من مراسلي دورية *Nature* لبحث كيف تحدد المبادرة ملامح حياة الباحثين، وعملهم في أربع قارات تستهدفها مبادرة الحزام والطريق. وعلى مدار الأشهر الستة الماضية، أجرى المراسلون مقابلات مع أكثر من 100 شخص من الباحثين، وطلاب الدراسات العليا، وصناع القرار السياسي، ومنظمات الرقابة الحكومية؛ لرصد الفرص، والمشكلات المحتمل أن تواجهها أنشطة الصين. وقد تم نشر تقاريرهم في سلسلة من خمسة مقالات خلال الأسبوعين الثاني والثالث من شهر مايو من العام الحالي (2019).

إنّ تأثير الصين في مجال العلوم واسع النطاق، بدايةً من دورها فيما يتصل بمشروعات البنية التحتية، مرورًا بالبرامج البحثية، وصولًا إلى الأفراد. ففي غضون ست سنوات، قدمت الأكاديمية الصينية للعلوم (CAS) – التي ربما تُعتبر أكبر مساهم في مجال العلوم في مبادرة الحزام والطريق - ما يقرب من 268 مليون دولار أمريكي لمشروعات تشمل إنشاء خمس منشآت بحثية في بكين، وتسعة مراكز بحثية في بلدان أخرى. كما يُضخ الكثير من استثمارات الصين لتمويل مِنَح الماجستير والدكتوراة. ففي باكستان وحدها، يتم تمويل حوالي 7 آلاف طالب كل عام، وهو عدد مِن المقرر أن يرتفع إلى 20 ألف طالب، بدءًا من العام المقبل.

وجهات نظر متضاربة

إن النظرة الإيجابية التي يتبناها العديد من العلماء تجاه الصين، والتي تخلقها هذه الاستثمارات تتناقض تمامًا مع الشكوك التي تسود طريقة تَعامُل حكومات الدول الغربية، والهند، واليابان مع مبادرة الحزام والطريق. ويبشر الدعم الذي تقدمه الصين بإحداث تغيير على مستوى الأجيال أيضًا. فعلى وجه الخصوص، في دول جنوب آسيا المتعاونة مع المبادرة، في الوقت الذي أخذ فيه العديد من رواد العِلْم كبار السن من المتحدثين بالإنجليزية، والحاصلين على الدكتوراة من أوروبا والولايات المتحدة في التقاعد، يكون قد تم تدريب العديد من خلفائهم في الصين، ليكون هذا هو المكان الذي سيتطلع إليه الجيل الجديد من العلماء مستقبلًا؛ في سعيهم لصنع شبكات العلاقات، والتعاوُن، وطلب الدعم.

غير أن الصين لا تنفق أموالها بدون مقابل؛ ففي كثير من الحالات تتضمن مشروعات البِنْية التحتية قروضًا ضخمة مقدَّمة من البنوك الصينية، تكافح دولٌ منخفضة الدخل لسدادها. وقد أدّى ذلك إلى استحواذ الشركات الصينية على أصول وطنية محورية؛ مثل موانئ مدينة بيرايوس في اليونان، ومدينة هامبانتوتا في سريلانكا.

وترتبط كل المساعدات في مجال العلوم - في نهاية المطاف - بتحذيرات صحية. وجدير بالذكر أن إنفاق الصين السخي ليس استثناء من هذه القاعدة. وقد سلطت تقاريرنا الضوء على ثلاثة مخاوف، تحتاج الصين والدول الشريكة لها إلى أخْذها في الحسبان.

أول هذه المخاوف هو التدخل الشديد للمؤسسات التجارية في المشروعات العلمية داخل إطار مبادرة الحزام والطريق. ففي كثير من الأحيان، يُستلزم توفير المباني – وأحيانا المعدات - من قِبَل شركات من الصين. ويَعتبِر قادة الصين هذا "ربحًا لجميع الأطراف"، وهو إدراك جليّ لفكرة أن مساعدات الصين تأتي مع قيود، إلا أن هذا يمثل مشكلة، لأن اشتراط إسناد العمل إلى شركات بعينها، وباستخدام تقنيات معينة يمكن أن يؤثر في البحوث، أو ينتقص من مصداقيتها.

تقييم المخاطر

ثاني هذه المخاوف يتعلق بطريقة عمل مشروعات مبادرة الحزام والطريق في العديد من البلدان - مثل مشروعات تشييد الطرق، والسدود الجديدة - والتي تُنَفَّذ دون تقييم دقيق للمخاطر البيئية، أو الأثر الواقع على السكان المحليين. فعلى سبيل المثال، تكاد تكون الأبحاث في مجال الآثار الصحية والبيئية لمبادرة الحزام والطريق في جامعات باكستان منعدمة، لأن الحكومة والجيش لا يريدان إحراج الصين، إذا كانت استنتاجات الأبحاث تؤدي إلى نتيجة أخرى بخلاف التصديق على مشروعات المبادرة.

ولحسن الحظ، بدأت قيادة الصين تقر بالمخاطر البيئية للمبادرة. ففي الأسبوع الأخير من شهر إبريل الماضي، استضافت الحكومة الصينية أول منتدى يتعلق بصداقة البيئة على الإطلاق؛ لبحث كيفية التخفيف من الآثار البيئية للمشروع، غير أن هذه الجهود يمكن أن تتحول بسرعة إلى «تمويه مضلل يوهم بصداقة البيئة»، ما لم تكن هناك متابعة نشطة من الرئيس شي جينبنج، أو غيره من القادة الصينيين.

ثالث هذه المخاوف يتعلق بافتقار مبادرة الحزام والطريق إلى الشفافية، وبتضارب المعلومات عنها. وعلى الجانب الإيجابي، ساعدت أكاديمية الصين للعلوم دوريةَ *Nature* في زيارة مواقع الأبحاث المشتركة في سريلانكا، وفي عقد اجتماعات مع فريق العمل في الصين، لكنْ عندما طلب مراسلونا إجراء مقابلات مع قيادة الأكاديمية، لم نتلق أي رد. وحتى الآن، لم تنشر الحكومة الصينية قائمة نهائية بمشروعات المبادرة، وتَنْدُر العقود المتاح للجمهور الاطلاع عليها، ولا توجد تقديرات متفَق عليها لحجم التمويلات في المبادرة.

وتُعَد المساءلة العامة ضرورية من جميع الجوانب كلما زاد انخراط الصين في شؤون الدول الأخرى. فبمقدور مبادرة الحزام والطريق أن تشكل ملامح البحث العلمي في بلدان الجنوب، وأنْ تسرع عملية توليد المعارف بطرق يمكن أن تفيد العديد من البلدان، لكن يجب أن يتسق النهج العام للمبادرة مع أفضل القيم الصينية، والعالمية.

وفي النهاية، فإن تحقيق المزيد من الشفافية، وإشراك الجمهور بدرجة أكبر في المبادرة، والحدّ من حالات تضارب المصالح، مع التوصل إلى فهم متبادَل للتحديات العلمية والبيئية على طول مسار المبادرة، سوف يضمن تدفق حركة الأفكار باتجاهين، مثلما كان الحال على طول طرق الحرير الأصلية. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أوقفوا المعلومات المُضللة عن التطعيمات

الادِّعاءات المحرَّفة التي تُقوِّض تلقي الجمهور للقاح فيروس الورم الحليمي البشري يمكن أن تعرض جيلًا بأكمله للخطر.

تُشكِّل الحملات المناهضة للتطعيمات، والمعلومات المُضللة عنها، تهديدًا خطيرًا على الصحة العامة، فعلى سبيل المثال، تتزايد حالات تفشِّي مرض الحصبة في جميع أنحاء العالم، وهو مرض فتّاك كان ينبغي أن تقضي عليه التطعيمات بشكل شبه تام. وفي هذه الأجواء، من المشجّع رؤية أي جهود لمكافحة المعلومات المضلِلة بخصوص سلامة تلقّي التطعيمات. وخلال الأشهر القليلة الماضية، أعلنتْ شركات التكنولوجيا العملاقة، مثل «فيسبوك» Facebook، و«يوتيوب» YouTube، و«بينتريست» Pinterest، و«إنستاجرام» Instagram أنها تتخذ حاليًا خطوات صغيرة على الأقل للحد من انتشار هذا المحتوى على منصاتها.

لكن بعض العلماء الذين ينتقدون علنًا "مناهضي التطعيمات"، لا يزالون يواجهون ضغوطًا، ومنهم الطبيبة والكاتبة اليابانية ريكو موراناكا، التي تقيم الآن في ألمانيا، وتلقي المحاضرات بدوام جزئي في كلية الطب بجامعة كيوتو في اليابان. وقد كتبتْ موراناكا باستفاضة عن أمان اللقاح المضاد لفيروس الورم الحليمي البشري (HPV) - وهو سبب رئيسي للإصابة بسرطان عنق الرحم، وغيره من أنواع السرطان - رغم تعرّضها لهجمات تطال نزاهتها، بل حتى تهديدات بأعمال عنف ضدها. وقد أكسبها إصرارها جائزة «جون مادوكس» John Maddox لعام 2017 لمناصرة العلم، المقدَّمة من مؤسسة «سنس أباوت ساينس» Sense About Science الخيرية في المملكة المتحدة بالتعاون مع دورية *Nature*.

ففي السادس والعشرين من شهر مارس لهذا العام (2019)، أصدرتْ محكمة يابانية حكمًا على موراناكا متهمة إياها بالتشهير بسمعة عالم في مجال الطب ادَّعى أن لقاح فيروس الورم الحليمي البشري قد يسبب تلفًا في الدماغ، ورغم أن الدعوى القضائية لم تتناول إلا تهمة التشهير، ولم تتطرَّق إلى المحتوى العلمي التابع للقضية، فإن تبعات الحكم تدعو إلى القلق.

تنصح توصيات منظمة الصحة العالمية بتطعيم الفتيات في سن المراهقة ضد فيروس الورم الحليمي البشري (بعض البلدان توسّع هذا النطاق ليشمل الفتيان)، وقد أقرَّت الحكومة اليابانية هذه التوصية في شهر أبريل من عام 2013، لكن بعد شهرين فقط من القرار، أوقفت كل الدعاية النشطة للقاح، بعد تقارير إعلامية غير مؤكَّدة عن آثار جانبية ضارة له، وفتحت الحكومة تحقيقًا في صحة التقارير. وفي عام 2014، أعلنتْ الحكومة أن هذه التقارير غير مدعَّمة بأدلة، ومع ذلك، لم ترفع الحكومة حظر الدعاية للقاح، وهو ما سبب آثارًا مدمرة: فعلى الرغم من أن معدلات التطعيم الإجمالية ليست معلنة في اليابان، أظهرت دراسة في سابورو أن معدل تلقي اللقاح قد تراجع من نحو 70% قبل حظر الدعاية له إلى 0.6% بعده (S.J.B Hanley *et al*. *Lancet* **385**، 2571 ؛ 2015)، كما أسهمت هذه القضية أيضًا في انخفاض معدل تطعيم فيروس الورم الحليمي البشري في أماكن أخرى من العالم.

وتمحورتْ قضية موراناكا حول بحث شويتشي إيكيدا أخصائي الأعصاب، الذي كان يشغل آنذاك منصب عميد كلية الطب في جامعة شينشو في ماتسوموتو باليابان. ففي شهر مارس من عام 2016، أعلن إيكيدا في عرض تليفزيوني لأحد أبحاثه أن لقاح فيروس الورم الحليمي البشري قد سبَّب تلفًا في أدمغة الفئران خلال التجارب. وفي شهر يونيو، انتقدت موراناكا البحث في مجلة «ويدج» *Wedge* التجارية التي تصدر باللغة اليابانية، واصفةً العرض الذي قدمه إيكيدا بالملفق.

وبناءً عليه، فتحت الجامعة تحقيقًا في بحث إيكيدا، وخلصت إلى أنه لم يرتكب أي تجاوزات علمية، لكنه بالغ في التضخيم من شأن استنتاجات لنتائج غير مؤكدة، وبالنظر إلى ذلك، كتبت الوزارة على موقعها الإلكتروني أن بحث إيكيدا "لم يثبت شيئًا" بخصوص ما إذا كانت الآثار الجانبية ناجمة عن لقاح فيروس الورم الحليمي البشري أم لا، وأن إيكيدا يتحمّل مسؤولية تضليل الجمهور بعرض بحثي غير مناسب. لكن إيكيدا - الذي استقال من الجامعة بعد هذه الاتهامات، ويعمل الآن طبيبًا في مستشفى عام - قاضى موراناكا بتهمة التشهير، فخسرتْ القضية. وصدر أمر قضائي لها هي ومجلة «ويدج» بدفع غرامة قدرها 3.3 مليون ين (أي ما يعادل 29,700 دولار أمريكي)، ووُجِّه أمرٌ للمجلة بحذف الإشارة إلى "تلفيق البيانات" من المقال، ونشر اعتذار، وصرَّحت موراناكا أنها سوف تطعن في الحكم.

يبقى أن الضرر الأكبر قد حدث بالفعل، فالتضليل بشأن اللقاح قد خلَّف وراءه الآلاف من البشر معرضين بلا داع لخطر كبير بالإصابة بالسرطان. ورغم الأدلة المتزايدة على أمان اللقاح، فلا تزال الوزارة تناقش ما إذا كانت ستصادق عليه بالكامل مرة أخرى، أم لا. وينبغي أن تفعل ذلك، كما تفعل معظم البلدان، ويجب ألا تسمح للحكم بأن يُستخدم بشكل خاطئ كأداة لهؤلاء المناهضين للتطعيمات. وإذا كان هناك جانب مشرق لأولئك الذين يدعمون موراناكا، فهو ما يلي: أن التحقيقات التي أدَّت بجامعة إيكيدا وبوزارة الصحة إلى انتقاده، لعرض بحثه بشكل خاطئ، لم تكن لتحدث دون ملاحظات موراناكا، بل إن القضية برمتها قد حازت اهتمامًا عالميًا منذ ذلك الحين. وربما تكون موراناكا قد خسرت معركة واحدة، لكن الحرب الأكبر ضد المعلومات المضللة عن التطعيمات ما زالت مستمرة. ■

تمثيل مختلف الأطياف يتطلب عزمًا

تعتبر المبادرات الساعية إلى تقدير حجم التفاوت في المساواة بين الجنسين عبر الجمع المكثّف للبيانات خطوة مهمة، لكن اتخاذ إجراءات وخطوات بناءً على النتائج لا يقل أهميةً.

عند بحث التنوُّع في مجال العلوم، تعكس البيانات دائمًا صورة محبطة. فقد أثبتت دراسة، وتقرير صدرا في عام 2018 من الجمعية الملكية للكيمياء في المملكة المتحدة أن نسبة النساء من طلاب الجامعات الذين يشرعون في الدراسة؛ تمهيدًا لنيل درجات علمية في الكيمياء تساوي 44%. وفي المقابل، تبلغ نسبة السيدات من إجمالي أساتذة الكيمياء 9% فقط (انظر: go.nature.com/2v7mdfv)، لكن – على الأقل – ثمة إدراك متزايد بأننا بحاجة إلى البيانات؛ لتوثيق هذه المشكلة، والتوصل إلى أفضل الحلول لها.

ومن هذا المنطلق.. تجمع مقالتان نُشرتا في الأسبوع الثاني من شهر مايو من العام الحالي (2019) في دوريتَي «نيتشر ريفيوز كيمستري» *Nature Reviews Chemistry*، و«نيتشر ريفيوز فيزيكس» *Nature Reviews Physics* البيانات الإحصائية المتعلقة بالنساء في الأوساط الأكاديمية في مجالي الكيمياء، والفيزياء حول العالم، وتقارن بينها، وتبحث في كيفية الاستدلال على التدخلات اللازمة بهذه البيانات (M. Peplow *Nature Rev.Chem*. https://doi.org/10.1038/ s41570-0098-y-019 (2019)، R. Skibba *Nature Rev*. *Phys*. https://doi. org/10.1038/s42254-019-0059-x; 2019).

تبدأ المعوقات أمام النساء في مرحلة مبكرة. فعلى سبيل المثال.. وحسب استطلاع أُجري على طلاب في 32 دولة، يقل احتمال أن تطمح المراهقات في الدول المتقدمة إلى وظيفة تنطوي على استخدام الرياضيات، مقارنةً بهذا الاحتمال بين الصبية الذين يحصلون على درجات أكاديمية مماثلة (M. Charles Socius http://doi.org/c5cm; 2017). وإذا استقر رأيهنّ على أن يسلكن هذا المسار المهني، فهن يواجهن معوقات في كل خطوة به. فماذا تكون النتيجة؟ فجوة من عدم المساواة، آخذة في الاتساع، في أرفع المستويات الأكاديمية.

ورغم أن مجالَيْ الكيمياء والفيزياء - على حد سواء - تشوبهما مشكلة كبيرة، متمثلة في تناقص أعداد النساء فيهما باستمرار، وحسب مقال نُشر في دورية «نيتشر ريفيوز فيزيكس» *Nature Reviews Physics*، في مجال الفيزياء، وُجِد أيضًا أن الفتيات والنساء من المُستبعَد بقدر أكبر أن يدرسن المادة أصلاً. ومع ذلك.. فإن البيانات الموثوقة حول مؤشرات تمثيل الجنسين، وغيرها من مقاييس التنوع غير مكتملة. وتمثل الدراسة الاستطلاعية التي أجرتها الجمعية الملكية للكيمياء في عام 2018، والبيانات التي جمعتها الجمعيات العلمية في شتى أنحاء

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

العالم – مثل جمعية ماكس بلانك، والمؤسسة الوطنية الأمريكية للعلوم – نقاط انطلاق بالغة الأهمية. ويجب تحديث هذه الدراسات الاستطلاعية بانتظام، ومن الأمثل توحيد معاييرها، بحيث تصلح للمقارنة بغيرها. وهناك أيضًا حاجة ماسَّة إلى استكشاف أسباب الاختلاف بين الأرقام في مناطق وثقافات عديدة حول العالم، والطريقة المثلى لمواجهة هذه الأرقام في سياقها الخاص.

هذا.. ولكنَّ البيانات وحدها لن تُحْدِث تغييرًا. فالأهم هو التحرُّك بناءً عليها. ويُعتبر مشروع «الدفاع عن المرأة» STEP UP 4 Women - الذي تديره الجمعية الفيزيائية الأمريكية - مجرد مثال وحيد على برنامج ينتج منهجًا لمعلمي المدارس الثانوية؛ لمساعدتهم في إلهام الفتيات للسعي من أجل الحصول على درجات جامعية في مجال الفيزياء. وقد يزعم كثيرون بأننا بحاجة إلى البدء في مثل هذه الجهود، قبل هذه المرحلة العمرية بفترة طويلة؛ لتفادي الصور النمطية التي تمسي راسخةً منذ الصغر.

يحتاج التعامُل مع قضايا التنوع مجموعةً من الحلول، وعزيمةً قوية. ويمكن أن نحول دون نبذ الباحثين الموهوبين من الأوساط الأكاديمية، من خلال إرشاد المجموعات التي لا تحظى بتمثيل كاف، ودعمها على نحو أفضل (A. M. Kloxin *Nature Rev. Mater.* http://doi.org/c5ck; 2019).

وينسحب بعض العلماء من مجال البحث العلمي؛ بسبب صعوبة التوفيق بين مطالب العمل الأكاديمي، وغيرها من المسؤوليات؛ كرعاية قريب مسن، أو تكوين أسرة. وتتمثل إحدى الخطوات المحورية لمواجهة ذلك في وضع سياسات أفضل؛ لدعم التوازن بين الحياة العملية، والحياة الأسرية، بدايةً من مبادرات بسيطة على مستوى الأقسام؛ كتحديد مواعيد الاجتماعات بما يتوافق مع الظروف الأسرية، مرورًا بالمبادرات المجتمعية؛ وعلى سبيل المثال.. جدولة المؤتمرات، وتوفير رعاية للأطفال في المؤتمرات، وصولاً إلى وضع سياسات على مستوى الدولة، تُقَدِّم إجازات أبوة سخية، ويُفضل أن يشترك فيها الجنسان بالتساوي.

ومن المشجع أن نرى المزيد من السياسات، والمبادرات الناشئة الرامية إلى دعم المرأة، وغيرها من المجموعات التي لا تحظى بتمثيل كاف في مجال البحث العلمي. ومن الأهمية بمكان أيضًا جمع البيانات؛ لتقييم أثر تلك السياسات والمبادرات، وتوضيح أيًّا منها يؤتي ثمارًا، لكن التحسينات الحقيقية على صعيد الوصول إلى تمثيل متنوع لن تتحقق إلا بنشر العزم، والتحرك على جميع الجبهات. ■

دروس مستفادة من تاريخ الاتحاد الأوروبي

برامج البحث العلمي التابعة للاتحاد الأوروبي تشجع العلماء على التعاون عبر البلدان المختلفة، وتقدم إلى بقية دول العالم دروسًا مستفادة في مجال البحث العلمي.

في الأسبوع الأخير من شهر مايو الماضي، عَقَد الاتحاد الأوروبي انتخابات برلمانية، كعادته كل خمس سنوات. ويترقب الباحثون نتيجة هذا الحدث بلهفة شديدة. ففي الوقت الذي لا يزال فيه من المقرر أن تخرج المملكة المتحدة من هذه المجموعة، وتتنامى فيه النزعات الشعبوية والقومية في دول عديدة، يخيم شعور بأن التكامُل الدولي الذي ازدهر عبره الاتحاد الأوروبي لعقود من الزمن قد يكون على مشارف الزوال. وفي شهر إبريل الماضي، عَقد الاتحاد الأوروبي لعلوم الأرض جلسة استثنائية في جمعيته العامة في فيينا؛ للتعبير عن المخاوف في هذا الصدد، وأصدر إعلانًا، مفاده أن "أي تهديدات لوحدة أوروبا هي تهديدات للبحث العلمي".

وهذا صحيح.. فالفائدة التي تعود على العلم من اتحاد أوروبي متكامل لم تحظ بالإشادة الكافية. فهذا الاتحاد الفريد من نوعه على الصعيدين؛ الاقتصادي، والسياسي، وتم بناؤه على أنقاض أوروبا في أعقاب الحرب العالمية الثانية، أدى إلى خلق قارة تزداد سلامًا وازدهارًا كل يوم، وإلى إنشاء شبكة قيِّمة من أشكال التعاون البحثي بين الدول الأعضاء في الاتحاد، ودول أخرى خارجه. ولا توجد مجموعة أخرى من الدول تتعاون بقدر مضاه. ولهذا السبب.. تناولَت دورية *Nature* - في عدد خاص صدر في الأسبوع الأخير من شهر مايو الماضي - مستقبل البحث العلمي في أوروبا بعد الـ«بريكست»، أي (انسحاب بريطانيا من الاتحاد الأوروبي)، انظر: (go.nature.com/Europe).

واقتناعًا من الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي بأن البحث العلمي هو حجر الأساس الذي يقوم عليه التقدم الاقتصادي، والاجتماعي، فقد خصصت له الدول الأعضاء حصة أكبر من ميزانيتها الرئيسة، آخذة في الزيادة، إذ ازدادت حصة البرنامج الإطاري للأبحاث والابتكار التابع للاتحاد الأوروبي من ميزانية الاتحاد السنوية، لترتفع من 4% في العقد الماضي إلى 8% الآن. وبلغت إجمالًا 74.8 مليار يورو (أي ما يعادل 83.5 مليار دولار أمريكي) في الفترة من 2014 إلى 2020 وحدها. وقد أنشأ البرنامجُ المجلسَ الأوروبي للبحوث (ERC)، الذي يتمتع بقدرة تنافسية عالية، كما أدرج نظامًا يحظى بإعجاب واسع لتنظيم المشروعات البحثية، والمنح التدريبية بين البلدان المختلفة، وأسهم التناغم الوثيق بالسوق الموحدة للاتحاد الأوروبي في تمكين هذا النظام. ومن هنا، مثلت البرامج البحثية قوى داعمة للتكامل الأوروبي.

> **"الفائدة التي تعود على العلم من اتحاد أوروبي متكامل لم تحظ بالإشادة الكافية".**

كما يرصد الاتحاد الأوروبي أموالاً إضافية – 44 مليار يورو – لمساعدة الدول الأفقر على تأسيس بِنْيتها التحتية في مجال البحث العلمي. وقد كانت لهذه التمويلات أهمية شديدة في دول أوروبا الشرقية، الشيوعية سابقًا، التي انضمت إلى الاتحاد منذ عام 2004. ويثمر هذا التنوع الجغرافي مجالًا بحثيًّا أكثر قوة. كما وضعت الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي - إدراكًا منها بأنها تكون أكثر قوة عندما تتحد، لا عندما يعمل كل منها بمفرده - سياسات رائدة على مستوى العالم فيما يتعلق بالمعايير البيئية، شملت سياسات حول تَغَيُّر المناخ، وتنظيم المواد الكيميائية، والتلوث الناجم عن المواد البلاستيكية. كما أنها تعمل الآن على وضع معايير نموذجية جديدة تختص بحماية البيانات، والعلوم مفتوحة الوصول.

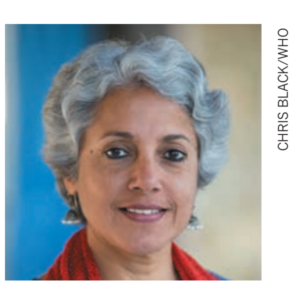
إذَن، ماذا يخبئ لنا المستقبل؟ فعلى الرغم من أن حصة أوروبا النسبية في الإنفاق العالمي على العلوم والأبحاث تتقلص (بينما تزداد حصة الصين)، إلا أن أبحاثها لا تزال مؤثرة، ويُستَشْهَد بها على نطاق واسع، لكنّ أحد التهديدات المحتملة التي تلوح في الأفق يتمثل في اتساع فجوة عدم المساواة بين البلدان في مجال البحث العلمي في أوروبا؛ فمنذ الأزمة المالية العالمية التي اندلعت في عام 2008، لم تتعاف بلدان، مثل إسبانيا، لتعود إلى مستوياتها السابقة المعهودة من حيث الإنفاق على الأبحاث، وأعداد العلماء. ويبدو أن دولًا من الدول الأعضاء المنضمة حديثًا إلى الاتحاد الأوروبي غير راغبة في ضخ استثمارات محلية كبيرة في مجال البحث العلمي، وهو ما قد يعرِّضها لخطر التخلف أكثر عن ركْب التقدم.

يخطط الاتحاد الأوروبي الآن لميزانيته القادمة، ولوضع برنامج العمل الإطاري الكبير؛ «هورايزون يوروب» Horizon Europe، الذي يُعتزم إطلاقه بداية من عام 2021، حتى عام 2027، وسيتولى برلمان جديد، ومفوضية أوروبية جديدة في وقت لاحق من هذا العام الخروج به. ويجب تهدئة المخاوف بشأن كون هذا البرلمان أقل مناصَرة للبحث العلمي؛ فقد كان بعض البرلمانيين أكثر التزامًا بمسؤولية دعم العلوم في أوروبا من وزراء مؤسسات العلوم الوطنية في الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي. وعلى الرغم من أن الرغبة المتزايدة في التوصل إلى ابتكارات، وتحقيق ترجمة لها ضمن إطار برنامج «هورايزون يوروب» تستحق الإشادة؛ إلا أن تلك الرغبة يجب أن تظل مدعومة بأساس، إذ لن يكون هناك ابتكار في غياب البحوث الأساسية. ولهذا.. ينبغي للأطراف المعنية بمناقشة الميزانية أن تقدِّم زيادة سخية في التمويلات الممنوحة إلى المجلس الأوروبي للأبحاث.

والآن، بات من الواضح ما الدروس التي يجب أن يتعلمها البرلمان الجديد – وغيره من المؤسسات المهتمة بتعزيز البحث العلمي على الصعيد العالمي – من تاريخ الاتحاد الأوروبي، إذ تتطلب الأبحاث الموثوقة تعاونًا، وتخطيطًا طويل المدى، واستقرارًا، وتمسكًا بنقاط القوة هذه في مواجهة النزعات الشعبية، والقومية، أو غيرها من القوى التي تهدد بتفكيك الاتحاد الأوروبي. وينبغي على البرلمان المستقبلي أن يدافع بكل قوة ممكنة عن هذه الوحدة.

كما يستطيع الباحثون فعْل ذلك أيضًا، إذ ينبغي عليهم - ببساطة - إخبار الآخرين بمدى أهمية الاتحاد الأوروبي لعَمَلهم في مجال البحث العلمي. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp


CHRIS BLACK/WHO

كيف يمكن بلورة الأبحاث لتعزيز الصحة العالمية

تشرح **سوميا سواميناثان** كيف يمكن لقسم العلوم الجديد بمنظمة الصحة العالمية تعزيز تغطية صحية شاملة في جميع البلدان.

على مدار سبعة عقود، كُلفت منظمة الصحة العالمية (WHO) بوضع قواعد ومعايير الصحة العالمية. وخلال العام الماضي، أخضعت المنظمة عملياتها للتقييم النقدي في ضوء التقدم التكنولوجي والمجتمعي، وأجرت عملية إعادة هيكلة؛ بغرض التركيز على بناء قدرات النظم الصحية. وفي مارس، أُنشئ قسم العلوم في منظمة الصحة العالمية، الذي أتولى رئاسته. يجمع القسم الفرق البحثية القائمة التي تُعنى بالصحة الإنجابية، والأمراض المُعدية، وأنظمة الرعاية الصحية. يضطلع القسم أيضًا بتعزيز قدرة منظمة الصحة العالمية على دعم وترسيخ المبادئ التوجيهية بشأن الصحة العامة، والرعاية الوقائية، والطب الإكلينيكي، وأخلاقيات البحث، بالإضافة إلى ضمان إسهام التقنيات الناشئة في تحسين السلامة والرفاهة.

في أدواري السابقة في منظمة الصحة العالمية، ووزارة الصحة الهندية، كنت كثيرًا ما أُدهَش بالتوقعات العالية التي تضعها الحكومات على المشورة التي تقدمها منظمة الصحة العالمية. إذ حجم بلدان كثيرة – ولا سيما تلك ذوات الدخل المنخفض - عن تطبيق سياساتٍ، دون توجيه من منظمة الصحة العالمية. وتعتمد مليارات الأشخاص على القوائم الرسمية للأدوية والتشخيصات الأساسية: التوصيات عالية التدقيق، والقائمة على الأدلة، لتتبع الأمراض؛ وتحديد أولويات الخدمات الصحية التي ينبغي تقديمها.

ينطبق الأمر نفسه على البيانات؛ فعلى الرغم من أن كثيرًا من المسؤولين الحكوميين قد لا تروق لهم الإحصاءات الصحية التي تُظهِر، على سبيل المثال، معدلات تطعيم منخفضة، أو تدني مستوى رعاية ما قبل الولادة، فإن معلومات كهذه يمكن أن تحفزهم على اتخاذ إجراءات. تلتزم منظمة الصحة العالمية بجعل الوصول إلى البيانات الصحيّة وشفافيتها منفعة عامة. وسيؤدي ذلك إلى تحسين فهم الاحتياجات الصحيّة، وعبء الأمراض، لكن الدول ستحجم عن مشاركة بياناتها، ما لم تعاين فوائد ملموسة تعود على الصحة العامة، وتشعر بأن المجموعات التي توفر بياناتٍ تُعامَل بعدل. وبالرغم من أننا نتوقع مواجهة صعوبات، فإننا نخطط لتغيير طرق جمع البيانات، وأرشفتها، وإدارتها، وتحليلها، ومشاركتها.

> تلتزم منظمة **الصحة العالمية** بجعل الاطلاع على البيانات الصحية وشفافيتها **منفعة عامة**

سوف يساعد قسم العلوم أيضًا على تحفيز الابتكار، الذي كثيرًا ما يغفله القطاع الصناعي، والأوساط الأكاديمية. فبعد تفشي جائحة الإيبولا في عام 2014، وضعت منظمة الصحة العالمية قائمة بالمُمْرِضات ذات الأولوية القصوى، إلى جانب مواصفات المنتجات المستهدفة من أجل عمليات التدخل (على سبيل المثال، أن لقاح حمى «لاسا» ينبغي أن يوفر الحماية لمدة خمس سنوات، بعد تلقِّي جرعة واحدة). شجع وضوح المبادئ التوجيهية الباحثينَ على خوض هذه التحديات، بما في ذلك إنشاء «تحالف ابتكارات الاستعداد للأوبئة» CEPI، وهو تحالف للتأهب لمواجهة الأوبئة، يحرز تقدمًا في لقاحات حمى لاسا، وفيروس نيباه (Nipah)، ومتلازمة الشرق الأوسط التنفسية (MERS).

وقبل بضعة أسابيع، دعت منظمة الصحة أصحابَ المصلحة لوضع طرق استراتيجية لتطوير لقاح محتمل مضاد للسل، قد يتطلب - على الأرجح - اتباع نُهُج تطوير مبتكرة، مثل دعم شراكات بين القطاعين العام والخاص. فقد كان تصميم «التطعيم الحلقي» المستخدَم في التجارب الإكلينيكية للقاح المضاد لفيروس الإيبولا rVSV-ZEBOV في غرب أفريقيا، وليد التعاون بين متخصصي المنهج التجريبي، وعلماء الفيروسات، وعلماء الإحصاء، وخبراء الصحة العامة. وجاء هذا اللقاح بنتيجة لم يكن يتوقع أحد أنها ممكنة؛ حيث كان اللقاح فعالًا بشكل ملحوظ في خضمِ جائحة مروعة.

تأمل منظمة الصحة العالمية أيضًا في دعوة خبراء عالميين؛ لمساعدة قادة البحوث وصناع السياسات على سد فجوات معرفية في قضايا تخص بلدانهم، سيكون لها تأثير عملي واسع. على سبيل المثال، من شأن التدخلات الفعالة - من ناحية التكلفة - لمكافحة الأمراض غير المعدية أن تعزز الصحة، وتتصدى للأسباب الرئيسة للوفاة. فأيّ سياسات تلك التي تزيد من استهلاك الأشخاص الذين يعيشون في فقر للفواكه والخضراوات؟ وهل يمكن للتمريض، حيث يندر الأطباء، مساعدة مرضى السكري على تنظيم الاعتناء بحالتهم، باستخدام أنظمة دعم القرار على الهواتف المحمولة؟ إن الهدف من ذلك هو أن يتولى علماء نصف الكرة الجنوبي دورًا قياديًّا حقًّا، بحيث تتناول هذه القضايا والأفكار احتياجات تلك البلدان، وتحقق نتائج ملموسة.

نتوقع أن يعمِّم هذا البحث؛ للمساعدة على تعزيز النظم الصحية. فعلى سبيل المثال، ما هي الطريقة المُثلى التي يمكن بها لأدوات الصحة الرقمية أن تعين العاملين الذين يواجهون المشكلات الأساسية على توفير خدمات ذات جودة؟ هل يمكن للتصوير البياني القائم على التزود بالبيانات الآنية في مدن العواصم التعرف على جائحة التهاب الكبد في إحدى المقاطعات، أو على نقص ناموسيات الملاريا في مقاطعة أخرى؟ كيف يمكن للبلدان تعلُّم استخدام بياناتها لتحسين النظم الصحية؟

تتمثل مهمة أخرى في التأكد من أن التقدم التكنولوجي يتناسب مع الاحتياجات الأكثر إلحاحًا. فعلى سبيل المثال، التأكد من أن الهواتف المحمولة تسمح بتدفق المعلومات بسرعة إلى الأماكن البعيدة، وبالتالي تمكِّن من توفير خدمات صحية بعينها، دون زيارات شخصية. ويمكن للذكاء الاصطناعي أن يفعل المثل، ولكنه سيتطلب إطارًا تنظيميًّا. ولا يجب أن تُطرح الأدوية ولا خدمات التشخيص، حتى يجري تقييم مخاطرها، وفوائدها النسبية. ويُفترض أن تكون لبرمجيات الرعاية الصحية اشتراطات مماثلة.

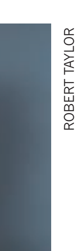
تتمتع منظمة الصحة العالمية بميزتين فريدتين، للمساعدة على تحديد الأُطر التي ينبغي تطبيقها على التكنولوجيا الناشئة: ألا وهما مصداقيتها العالية، وسلطتها التنظيمية. وتوفر التقنيات الحديثة إمكانيات لا حصر لها، بداية من استخدام تعلُّم الآلة؛ للتنبؤ بالمرض، حتى التحفيز الجيني في البعوض؛ للقضاء على الملاريا. تستدعي التكنولوجيا كذلك نقاشًا مجتمعيًّا واسعًا للأخلاقيات، والإنصاف، والعدالة، والمخاطر، والفوائد، والحدود المناسبة، خاصة عندما يمكن للتكنولوجيا أن تُلْحِق الضرر بالفئات الأكثر ضعفاً. هذا وقد ناشد العديد من الخبراء منظمةَ الصحة العالمية، لإنشاء مرصد، أو سِجل؛ لتسجيل الدراسات الإكلينيكية الجارية، التي تتضمن تحريرًا جينيًّا علاجيًّا للخلايا أو الأجنة البشرية، ولجمع المدخلات من العامة، ومن خبراء متنوعين؛ لاقتراح إطار تنظيمي عالمي.

سيمثل تحقيق هذه الأهداف تحديًّا لقسم العلوم، فمنظمة الصحة العالمية تملك ميزانية صغيرة على نحو مثير للدهشة، مقارنة بدورها الضخم، كما أن أمامها عملًا شاقًّا لتحقيق توافق آراء وتعاون من الممولين والبلدان الأعضاء. ومع ذلك، يتفق الجميع على الضرورة الملحة لهذه المهام، والحاجة إلى التكاتف وتحقيقها. ولا شك أن تعزيز تنسيق الأنشطة العلمية داخل منظمة الصحة العالمية سيساعد على تحقيق ذلك. ■

سوميا سواميناثان كبيرة العلماء في منظمة الصحة العالمية بجنيف في سويسرا.
البريد الإلكتروني: swaminathans@who.int

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث



ROBERT TAYLOR

اكبحوا جماح المخاطر التي تهدد القدرة على تكرار النتائج

تشرح لنا **دوروثي بيشوب** كيف أن المخاطر المهدِّدة لقابلية تكرار نتائج الأبحاث - التي نعرفها منذ عقود، لكننا لم نواجهها - قد يمكن كبحها أخيرًا.

بعد مرور أكثر من أربعة عقود على بداية مسيرتي المهنية العلمية، أرى نفسي اليوم غريبةً وسط أقراني من العمر نفسه، والأقدمية نفسها؛ فأنا أؤيد بقوة المسعى إلى جعل ممارسة العلوم أكثر تماسكًا. لا أعني بذلك أن زملائي المعاصرين ليسوا مهتمين بممارسة العلوم ممارسة صحيحة؛ غير أن كثيرين منهم لا يبدون مدركِين لوجود مشكلات خطيرة تشوب الممارسات العلمية الحالية. وعلى النقيض من ذلك، فإني أعتقد أنه خلال عقدين من الزمن، سنلقي نظرة إلى الوراء علىما جرى على مدار السنوات الستين الماضية، وخاصة في مجال العلوم الطبية الحيوية، وسنتعجّب من كمّ الوقت والمال المهدَرين على البحوث المعيبة.

كيف يمكن أن يحدث ذلك؟ فنحن نجيد صياغة النظريات، واختبارها داخل إطار تجارب منضبطة. ونستطيع تفسير تفاوت النتائج غير المرغوب فيه باستخدام التقنيات الإحصائية، ونقدّر أهمية تكرار عمليات الرصد.

إلا أن باحثين كثر يتمسكون بالعمل بطريقةٍ لا تأتي بنتائج ذات مغزى، فهم يتبعون ممارسات، أدعوها المُدمرات الأربعة لقابلية التكرار، وهي: التحيّز في النشر العلمي، وتدنِّي القوة الإحصائية، والتلاعب بقيمة الاحتمالية (P-hacking)، وطرح الفرضيات بعد معرفة النتائج، أو ما يُعرف بالـ«هاركنج» HARKing. ولم يفعل جيلي من العلماء والجيل الذي يسبقه شيئًا يُذكَر لكبح هذه المُدمرات.

في عام 1975، ذكر آنتوني جرينوالد، اختصاصي علم النفس، أن العلوم متحاملة على فرضيات العدم؛ بل قد بلغ بنا الأمر أننا ننظر إلى أبحاث لا غبار عليها تدعم مثل هذه النتائج على أنها "تجارب فاشلة". ويؤدي هذا التحامل إلى وجود تحيز في النشر العلمي، إذ يجعل الباحثين أقل نزوعًا إلى كتابة تقارير عن دراسات لا تضفي أي تأثير، ويجعل محرّري الدوريّات العلمية أقل ميلًا إلى قبول تلك التقارير. ونتيجةً لذلك، فلا تسنح الفرصة لأحد لكي يتعلم من هذه الدراسات، ويهدر الباحثون الوقت والموارد في تكرار التجارب نفسها بلا داع.

بدأ هذا الوضع يتغير لسببين؛ أولهما، أن الأطباء المعالجين قد أدركوا أن التحيز فيّ النشر العلمي يُلْحِق الأذى بالمرضى. فإذا أجريت 20 دراسة على دواء ما، ولا تُظهر سوى دراسة واحدة أن الدواء مفيد، وكانت هذه الدراسة الوحيدة المنشورة عن الدواء، فإننا نحصل على نظرة مشوّهة عن كفاءة الدواء. وثانيهما، أن الاعتماد المتزايد على التحليلات الإحصائية التجميعية، التي تجمع نتائج من مختلف الدراسات، يوضح بشدة أن الميل إلى عدم نشر نتائج سلبية يعطي انطباعات مضلّلة عن الدراسة.

وقد اتّبع تدنّي القوة الإحصائية مسارًا مشابهًا، إذ لم تتطرق مناهج الإحصاء الدراسية الجامعية التي درستها إلى ذكر القوة الإحصائية؛ وكانت قِلّةٌ قليلة منا مدركَة أن علينا أخذ هذه القوة على محمل الجد. فببساطة، إذا كانت تُجرى دراسة ما على عيّنة صغيرة؛ وكان تأثير التلاعب التجريبي فيها قليلًا؛ فمن المرجّح ألّا يلحظ المرء هذا التأثير، حتى إذا كان موجودًا.

كتب جاكوب كوين في عام 1997 كتابًا قيِّمًا عن هذا الموضوع؛ وبعد عشر سنوات، كتب عالِم إحصاء آخرَ الكلمات التالية: "ما زالت تُجرى دراسات صغيرة مدفوعة بمجرد أمل كاذب في إظهار النتيجة المرغوبة" (R. G. Newcombe *Br. Med. J.* (*Clin. Res. Ed.*) **295**, 656–659;1987). وفي مجالات مثل التجارب الإكلينيكية، وعلم الوراثة، فرض المموّلون تحسينات على ممارسات العمل، وذلك بإصرارهم على أن تتمتع الدراسات بقوة إحصائية مناسبة، ولكن التخصّصات العلمية الأخرى لم تلحق بعدُ بهذا الركب.

صادفتني مشكلة التلاعب بقيمة الاحتمالية (*p*)، قبل أن يكون للمصطلح وجود. ففي ثمانينيات القرن الماضي، راجعتُ المؤلفات العلمية المكتوبة عن تخصيص جانبَي الدماغ (أي كيفية تولِّي كل جانب من جانبَي الدماغ وظائف مختلفة عن الآخر)، واضطراباتِ النمو؛ ولاحظتُ أنه على الرغم من أن دراسات عديدة كانت قد وصفت العلاقات بين استعمال إحدى اليدين وعسر القراءة، فإن تعريف "الاستعمال غير النمطي لإحدى اليدين" اختلف من دراسة إلى أخرى، بل ظهر هذا الاختلاف ضمن المجموعة البحثية نفسها. وقد نشرتُ تعقيبًا ساخرًا، شمل عملية محاكاة كي أثبت كم هو سهلٌ العثور على تأثيرٍ ما، إذا ما اطلع المرء على البيانات بدقة، بعد جمع النتائج (D. V. M. Bishop *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* **12**, 812–816; 1990).

وفي وقت ما كانت هذه الممارسة، التي غدت تُعرف باسم «التلاعب بقيمة الاحتمالية (*P*)»، متغلغلة في معظم فروع العلوم التي تعتمد على قيم الاحتمالية (*P*) لاختبار دلالة النتائج إحصائيًّا؛ لكنّ فئة قليلة من الناس أدركت مدى خطورتها في تشويه النتائج. وقد بدأ ذلك يتغيّر في عام 2011 بفضل نشر ورقة بحثية منسقة فكاهية، نسج فيها مؤلفوها تحاليل دقيقة بغرض إثبات أن الاستماع إلى أغاني فرقة «البيتلز» Beatles قد يجعل طلّاب الجامعات أكثر شبابًا (J. P. Simmons *et al.* *Psychol. Sci.* **22**, 1359–1366; 2011). وقد كتب مؤلفو البحث أن "المرونة التي لا يُفْصَح عنها تتيح إظهار أي نتيجة على أنها مهمّة إحصائيًّا".

أما مصطلح الـ«هاركنج»، فقد استُحدث في عام 1998 (N. L. Kerr *Pers. Soc. Psychol. Rev.* **2**, 196–217; 1998). وعلى غرار التلاعب بقيمة الاحتمالية، فإن هذه الظاهرة متفشّية إلى درجة جعلت بعض الباحثين يظنون أنها ممارسة جيّدة؛ فهم يعاينون البيانات، ويقتطفون منها نتيجة تبدو مشوّقة، ويؤلفون ورقة بحثية، يروُونَ فيها قصة عن هذه النتيجة. ومن نافلة القول أنه يحقّ للباحثين فحص بياناتهم، بحثًا عن نتائج غير متوقعة، لكنّ قِيَم الاحتمالية تكون بلا مغزى عندما تُستقطع من سياق جميع التحاليل التي أُجريت للحصول عليها.

باحثون كُثر يتمسكون **بالعمل بطريقة** لا تأتي بنتائج **ذات مغزى**

يزيد عمر هذه المشكلات عن عمر معظم أعضاء هيئة التدريس حديثي التعيين، لكن تعمل قوًى جديدة على كبح جماح هذه المدمرات الأربعة، فأولًا: هناك مجال دراسة العلوم نفسها باستخدام النهج العلمي (meta-science) الآخذ في التطور، والمصحوب بتطور توثيق هذه المشكلات، والوعي بها؛ إذ لم يعد مقبولًا منا أن نتجاهل المخاوف، لكونها مخاوفَ نظرية بحتة. وثانيًا: إن وسائل التواصل الاجتماعي مكّنتنا من طرح الانتقادات، والنظر فيها بعد النشر بفترة وجيزة. ثالثًا: إن عددًا متزايدًا من الدوريّات العلمية يعتمد الآن صيغة "التقرير الموثق"، التي يقيّم فيها المحرّرون المسألة المراد تجربتها، ويدرسون تصميمها قبل جمع النتائج، وهي استراتيجية تحدّ من التحيّز في النشر العلمي، والتلاعب بقيمة الاحتمالية، وطرح الفرضيات بعد معرفة النتائج. أما القوة الأخيرة والأهم، فهي أن أولئك الذين يموّلون البحوث قد أصبحوا أكثر اهتمامًا وصرامة. وقد طرحوا شروطًا تقتضي أن تكون البيانات والنصوص مفتوحة الوصول، وأن تكون الأساليب البحثية المتّبعة مشروحة بالكامل.

وأتوقع أن تكون لهذه القوى اليد العليا عما قريب، وأنْ يُقْضَى على المُدمرات الأربعة أخيرًا. ■

دوروثي بيشوب اختصاصية علم النفس التجريبي بجامعة أكسفورد في المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: dorothy.bishop@psy.ox.ac.uk

أضـواء على الأبحـاث

مقتطفات من الأدبيات العلميـة

فيزياء المادة المكثفة

احترار طفيف ينتج متاهة جليدية

تتحول الطبقات الرقيقة من البلورات الثلجية إلى متاهات من قنوات مائية مجهرية عند تسخينها باستخدام ضوء ذي نطاق موجي قريب من نطاق الأشعة تحت الحمراء.

إن جزيئات الماء يمكنها أن تشكّل مجموعة متنوعة من الأنماط المعقدة، إذ تنتظم الجزيئات ذاتيًّا في هيئة ندف ثلج، على سبيل المثال. ويمكن لأشعة الليزر حفر قنوات مجهرية في مكعبات الثلج، لكن مؤخرًا، أثبت إيدو براسلافسكي وزملاؤه - من الجامعة العبرية في القدس، برحوفوت في إسرائيل - أن مجرد تسليط الضوء على عينة مياه مجمدة جزئيًّا يمكنه أن يُنتج هياكل معقدة.

اشتملت تجارب الفريق على بلورات ثلجية ذات سُمْك قدره 13 ميكرومترًا، مغمورة في ماء مُسكّر. غمر الباحثون العينة بأكملها بضوء ذي نطاق موجي قريب من نطاق الأشعة تحت الحمراء، مع ترك الجهاز المستخدم لإجراء التجربة مضبطًا عند درجة حرارة ثابتة. ونتيجة لذلك، بقي الماء باردًا، بينما شكّل الضوء، عبر الإذابة، ثقوبًا صغيرة في الثلج، الذي يمتص التردد المختار من الضوء، بفعالية أكبر بثلاثة أضعاف من الماء. واندمجت الثقوب المتجاورة - في بعض الأحيان - لتشكيل قنوات. وعلى مدار ساعة، نَمَت هذه القنوات إلى أنماط تشبه المتاهة في البلورات الثلجية.

ويشير الباحثون إلى أن هذه التقنية المتمثلة في تفضيل تسخين الثلج، بدلًا من الماء، يمكن استخدامها في إذابة العينات البيولوجية المحفوظة بالتجميد بعناية.

***Sci. Adv.* 5, eaav1598 (2019)**

GETTY

كيمياء

التوجه الصحيح لإنتاج بلاستيك أفضل

أمكن تصنيع نوع غير مكلّف من البلاستيك، يتخذ عادةً حالة سائل لزج، على هيئةٍ صلبة متينة، صالحة للاستخدام في كل الأغراض، بدايةً من أغلفة الأطعمة، حتى مصدّات السيارات، وذلك من خلال إضافة حمض خلال عملية الإنتاج.

يتكون جزيء البولي فينيل إيثر (PVE) من سلسلة من الذرات، تتفرع منها سلاسل جانبية في اتجاهات مختلفة. ويؤثر اتجاه هذه التفرعات في خصائص الجزيء، ويأخذ جزيء البولي فينيل إيثر عادة نسقًا تشير فيه فروعه إلى اتجاهات تتركه في صورة سائل لزج.

اكتشف آرون تيتور، وفرانك ليبفارت - من جامعة كارولاينا الشمالية في تشابل هيل - أنه من خلال إضافة حمض الفوسفوريك، خلال عملية تخليق الجزيء، أمكنهم حثه على اتخاذ تكوين يختاره بشكل أقل. فكانت نسبة 9% فقط من الفروع تحمل البِنْية التي تؤدي إلى الحالة السائلة، في دفعات البولي فينيل إيثر المُنتجة بهذه الصيغة.

واستطاع الباحثون تحويل الحالة الصلبة من المادة إلى أغشية بلاستيكية، أثبتت أنها بالقوة نفسها التي يتمتع بها البولي إيثيلين المستخدم في منتجات، مثل أغلفة الطعام، لكنها كانت أفضل بـ14 مرة في الالتصاق بالزجاج والمعادن.

***Science* 363, 1439–1443 (2019)**

كيمياء

تلوُّث أدوات المختبر يهدد بنتائج مغلوطة

المغناطيسات التي تدور بسرعة، وتُستخدم لتقليب المخلوطات في المختبرات في جميع أنحاء العالم، قد تحمل ملوثات تسبب أخطاء في نتائج التجارب.

تُستخدم قضبان التقليب - الخرز المغناطيسي الصغير المغلف بالبلاستيك - عادة لعدة أشهر، أو سنوات. وقد فحص فالنتاين أنانيكوف وزملاؤه – من معهد زيلينسكي للكيمياء العضوية في موسكو - القضبان بمجهر إلكتروني؛ لتقصي آثار فترات الاستخدام الطويلة هذه؛ ووجدوا أن غلاف القضبان، المصنوع من مادة متعدد رباعي فلورو الإيثيلين، قد ظهرت عليه شقوق، ونتوءات، وخدوش. والأسوأ من ذلك، أن هذه العيوب احتجزت ذرات فلزية، ونقلتها من تجربة إلى أخرى.

ولم يَحُول التنظيف الروتيني لقضبان التقليب دون حدوث ذلك. وفحص الباحثون 60 خرزة من مختبرات مختلفة، ووجدوا خرزة واحدة فقط خالية من الملوثات. وتضمنت الملوِّثات التي عُثر عليها عناصر البالاديوم، والبلاتين، والذهب، وكلها يمكن أن تتصرف كعوامل محفِّزة لتسريع التفاعلات الكيميائية.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وفي الاختبارات، لم تؤثر قضبان التقليب الجديدة كليًا على التفاعلات، لكن أظهرت القضبان المستعملة تأثيرات غير متوقعة، اعتمدت - على الأرجح - على طبيعة التلوث، وكميته. ويوصي الباحثون باستخدام خرز جديد؛ للحصول على أفضل النتائج، إذا كان تجنُّب التلوث ضروريًّا.

Am. Chem. Soc. Catal. 9, 3070–3081 (2019)

علم الأعصاب

إشارات العطش تنشط الدماغ

عندما تتلقى الفئران الظمآنة إشارات على توفر المياه، تنطلق أنماط من الإشارات الكهربية في جميع أنحاء أدمغتها، تحث هذه الحيوانات على البحث عن المياه، وشربها.

وقد سجّل ليكون لواء، وكارل دايسيروث وزملاؤهما - من جامعة ستانفورد في كاليفورنيا - النشاط العصبي في الفئران التي كانت تشرب المياه. وفي كل مرة أجريت فيها التجربة، عرّض الفريق البحثي الفئران لرائحة من أصل رائحتين: دلت إحداهما على أن لعق فوهة صنبور سينتج مياهًا، وأشارت الأخرى إلى أن لعق الصنبور لن يسفر عن شيء.

وفي الحيوانات الظمآنة، تسببت الرائحة التي تشير إلى توافر المياه في إثارة موجة من النشاط العصبي، انتشرت في جميع مناطق الدماغ الـ34 التي راقبها الفريق. واستمر هذا النشاط العصبي لفترة وجيزة، بعد أن شربت الحيوانات، بيد أنه في الحيوانات المرتوية حدثت موجة أولية من النشاط العصبي، لكنها تلاشت سريعًا، ولم تحاول الحيوانات شرب المياه.

أخذ الباحثون الفئران المرتوية، ونشّطوا – صناعيًّا -الخلايا العصبية المعروف عنها أنها مسؤولة عن الإحساس بالعطش. وأعاد هذا النشاط الدماغي كله إلى "حالة الظمأ"، وحفّز سلوك البحث عن الماء في هذه الحيوانات.

وتساعد النتائج في شرح كيفية تحكم إشارات العطش العصبية في تحويل الإشارات الحسية الدالة على توافر المياه إلى سلوكيات موجهة نحو تحقيق هدف معين؛ كالشرب.

Science https://doi.org/10.1126/science.aav3932 (2019)

الاتصالات الكمِّية

نجاح في إنتاج فوتونات متشابكة

نجح علماء أخيرًا في إنتاج تيار يمكن الاعتماد عليه من الفوتونات المتشابكة، وهو ما يعدّ تقدمًا بمقدوره تعزيز التقنيات الكمية.

تحتاج شبكات الاتصالات الكمّية والحواسيب الكمّية إلى فوتونات "متشابكة"؛ وهي أزواج من جسيمات ضوئية مرتبطة ارتباطًا أصيلًا، ويمكن أن تحمل إشارات فائقة الأمان، وتساعد في معالجة عمليات الحوسبة الكمية. بيد أنه من الصعب إنتاج هذه الأزواج الفوتونية الهشّة. وقد سعى الباحثون لسنوات عديدة إلى إيجاد طريقة موثوقة لإنتاج تيار عالي الجودة منها.

أحاط شوهوا وانج وزملاؤه من جامعة صان يات-سن في جوانجو بالصين شبه موصل نانومتري، يسمّى النقطة الكمية، بحلقات متّحدة المركز مصنوعة من مركب زرنيخيد الألومنيوم جاليوم. وعندما سلّط الباحثون الليزر على شبه الموصل، أطلقت النقطة فوتونات متشابكة، انعكستْ عدّة مرات عن طريق الحلقات، ووُجِّهَت في النهاية إلى عدسة، ثم جمعت العدسة بعد ذلك الفوتونات بكفاءة، مضخِمة من الإشارة الكمية المرصودة.

وينتج مصدر الفوتونات هذا - الذي يمكن دمجه بسهولة في شريحة حاسوب- دفقًا ساطعًا وثابتًا من فوتونات يصعب تمييزها عن بعضها. وسيكون توفير إمداد يُعتمد عليه من هذه الفوتونات بالغ الأهمية؛ لترحيل الإشارات الكمية على مسافات طويلة، ولتصميم حواسيب كمية عالية الأداء.

Nature Nanotechnol. http://doi.org/c42v (2019)

JIN LIU



علم البيئة

طائر البطريق يهجر مستعمرته

لم يعد لثاني أكبر مستعمرة في الأرض من طيور بطريق الإمبراطور وجودٌ.

استعان بيتر فريتويل، وفيليب تراثان، من هيئة المسح البريطانية للقطب الجنوبي في كامبريدج بالمملكة المتحدة، بصور الأقمار الصناعية، لمراقبة مستعمرات طيور بطريق الإمبراطور في القارة القطبية الجنوبية (*Aptenodytes forsteri* Gray، **في الصورة**). وقد راقبوا من خلال "أقمارهم الصناعية المنتشرة في السماء" البقع البنية التي ميَّزت وجود مستعمرة التزاوج بخليج هالي وهي تختفي بين عامي 2015 و2018.

ونتج تداعي المستعمرة من الانهيار المبكّر للجليد البحري في هذا الموقع، المرتبط بأنماط طقس ظاهرة «إل نينيو» El Niño، وربما أيضًا بتغيّر المناخ. ومع ذلك، فإن الطيور واسعة الحيلة؛ فقد ذكر العلماء أنه خلال السنوات الثلاث ذاتها، كانت هناك زيادة تربو على 1,000% في أعداد البطاريق بمستعمرة «داوسون-لامبتون» Dawson–Lambton، على بعد 55 كيلومترًا جنوبًا. ويشير هذا إلى أن عديدًا من الطيور البالغة قد انتقلتْ بعد أن فشلتْ في التزاوج لمرة واحدة، أو أكثر.

ويقول الباحثون إنه ينبغي أن يدرس انهيارَ المستعمرة والهجرة الجماعية أولئك الذين يريدون أن يتعلّموا كيف تستجيب الأنواع للظروف المتغيّرة مع زيادة الاحترار العالمي.

Antarct. Sci. http://doi.org/c49b (2019)



AUSCAPE/UIG/GETTY

التكنولوجيا الحيوية

حمض نووي قاتل يدمّر مسببات أمراض

أنتجتْ آليات الهندسة الوراثية "قذيفة" جزيئية تُطلق سمًا حين تتغذّى عليها بكتيريا معينة، وهو ما يوفّر طريقة محتملة لقتل مسببات الأمراض دون الإضرار بالميكروبات النافعة.

تحتوي الخلايا البكتيرية غالبًا على بلازميدات، وهي بنى على شكل حلقات مشتقّة من الحمض النووي، وقد ابتكر ديديه مازل وزملاؤه -من معهد باستور في باريس- بلازميدات تحمل النسخة الوراثية لسمٍ مضاد للجراثيم، وتحمل البلازميدات أيضًا جينات تعمل كعناصر تحكم لا تسمح بإنتاج السمّ إلا بعد استقرار البلازميدات داخل بكتيريا ضمة الكوليرا *Vibrio cholerae* المقاومة للمضادات الحيوية، وهي البكتيريا التي تُسبّب الكوليرا، وحمَّل الباحثون هذه "الأسلحة" البلازميدية في بكتيريا مانحة نقلت هذه الأسلحة إلى خلايا ضمة الكوليرا *V. cholerae*.

وقتلتْ البلازميدات 100% من

بكتيريا الكوليرا المقاومة للمضادات الحيوية في عيّنة مختبرية، وقتلت أيضًا بكتيريا الكوليرا التي أصابت الجمبري الملحي (*Artemia nauplii*)، وسمك الدانيو المخطط (*Danio rerio*)، لكنها لم تصب البكتيريا غير الضارة في ميكروبيومات الحيوانات بأذى.

ويقول واضعو الدراسة إنه يمكن تهيئة عناصر التحكم الوراثية في البلازميدات لتوجيه القذائف السامة، بهدف تفجيرها داخل مجموعة واسعة من مسبّبات الأمراض.

***Nature Biotechnol*. http://doi.org/c4nt (2019)**

الفيزياء الكمية

وصول متزامن للفوتونات

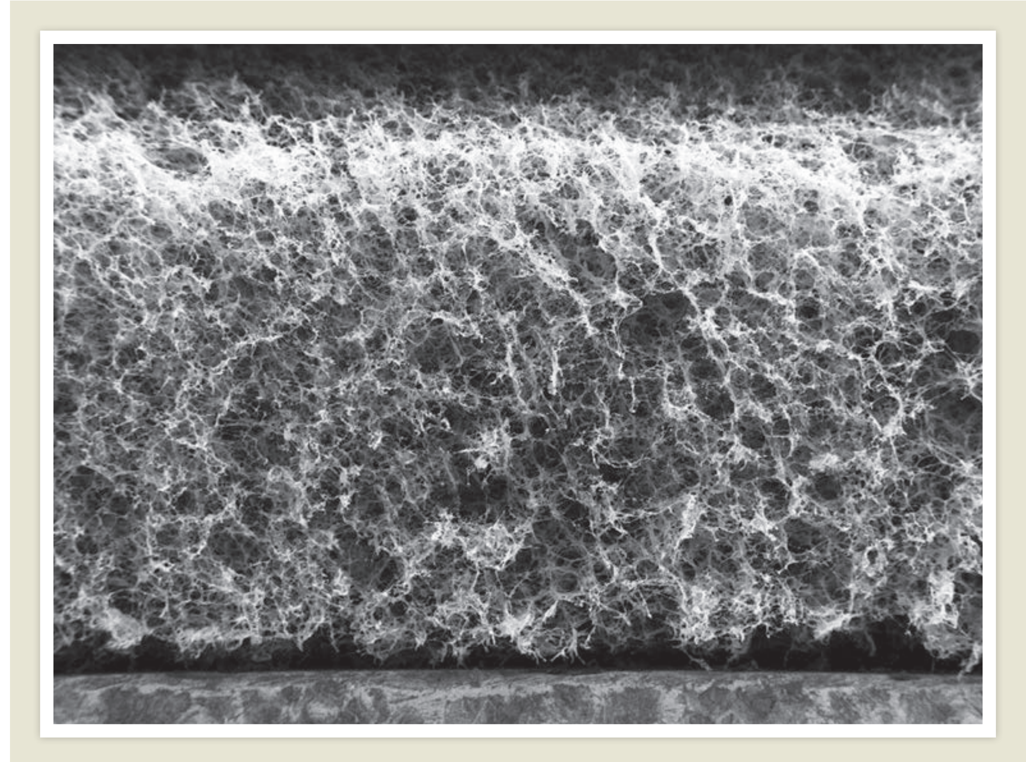
يمكن أن يصبح التشفير الكمي أكثر كفاءة بفضل طريقة لتنسيق الفوتونات على نحو أفضل في لب العملية.

يمكن لتدفّقات الفوتونات "المتشابكة" -وهي أزواج من جسيمات الضوء المرتبطة ارتباطًا أصيلًا- إنشاء مفاتيح تشفير مقاومة للتغيير. ولإنتاج هذه المفاتيح، يُرسَل كل من فوتوني كل زوج متشابك عبر كابل من الألياف الضوئية إلى جهاز تشغيل منفصل، وتتم مزامنة وقت وصول كل فوتون مع شريكه، مما يسمح لجهازي التشغيل بمطابقة الفوتونين اللذين يُشكّلان زوجًا، لكن يمكن أن تحدث أخطاء بسبب انحراف أزمنة وصول الفوتونين نتيجة لانتشار الجزيئات في أثناء انتقالها عبر الكابل.

وتمكّن جيمس جريف وزملاؤه -من جامعة سنغافورة الوطنية- من إلغاء هذا التأثير باستخدام فوتونات ذات أطوال موجية معينة: تلك التي تقارب طولًا موجيًا مثاليًا لا يحدث عنده انتشار، وأبقى هذا الحل الأزواج المتشابكة في حالة تزامن.

واكتشف الفريق البحثي أن هذه التقنية حسَّنت من توقيت وصول الفوتونات، حتى عندما كانت الجسيمات تنتقل عبر شبكة تجارية يبلغ طولها 10 كيلومترات، مصنوعة من ألياف ذات خصائص مختلفة، ويقول مؤلفو الدراسة إنه يمكن استخدام هذه التقنية لتحسين التشفير عبر مسافات تصل إلى نطاق مدن، ولمزامنة الساعات في المعاملات المالية.

***Appl. Phys. Lett*. 114, 131106 (2019)**



K. ZHAO *ET AL*./*SCI. ADV.*

علم المواد

جرافين مرِن في حالة التجمّد الشديد

اكتسبت مادة الجرافين المذهلة مزيّة تفوُّق أخرى: مرونة استثنائية عند درجات حرارة يتصلب عندها كل شيء آخر بالتجمّد.

يتكوَّن الجرافين من طبقة واحدة من ذرات الكربون، وهو الأقل سمكًا والأقوى بين المواد المعروفة، والأفضل في توصيل الحرارة والتيار الكهربائي، وهو ينفذ بشكل شبه تام الأطوال الموجية من الضوء التي تتراوح بين الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء، وقد حضَّر بوليكيل أجايان -من جامعة رايس في هيوستن بتكساس- ويونجشنج تشن -من جامعة نانكاي في تيانجين بالصين- وزملاؤهما رغوة جرافين (في الصورة)، وغيرَّوا شكلها على نحو متكرّر، وظلتْ مرونة الرغوة بلا تغيّر جوهري عند درجات حرارة تتراوح بين 269- درجة مئوية (4 كلفن) و1000 درجة مئوية.

في المقابل، يصبح مطاط السيليكون صلبًا وهشًا عند 55- درجة مئوية، وينصهر عند 300 درجة مئوية.

كذلك وجد الباحثون أن الرغوة يمكن أن تتمدد إلى ضِعف طولها تقريبًا، وتعود إلى شكلها الأصلي حتى عند تبريدها فجائيًا إلى 269- درجة مئوية، وهي درجة الحرارة التي يتحوَّل عندها الهيليوم إلى سائل، وتفقد كل مادة معروفة أخرى مرونتها تمامًا عند تبريدها فجائيًا إلى بضع عشرات من الدرجات تحت درجة الصفر المئوية.

إن مرونة الجرافين على مدى نطاق واسع من درجات الحرارة يمكن أن تجعله مفيدًا في البيئات القاسية، مثل الفضاء الخارجي.

***Sci. Adv*. 5, eaav2589 (2019)**

علم الأحياء المجهرية

توصيف كوليرا عمرها قرن

في عام 1916، وفي أعقاب الحرب العالمية الأولى، تعافى جندي بريطاني في مستشفى مصري من نوبة إسهال، وبعد مرور أكثر من 100 عام، أعاد العلماء إحياء مزرعة مجفّفة بالتجميد من الميكروب الذي أصاب الجندي بالعدوى، ويُعتقد أنها أقدم بكتيريا كوليرا متاحة علنًا في الوجود.

عيَّن نيكولاس تومسون وزملاؤه -من معهد ويلكم سانجر في هينكستون بالمملكة المتحدة - التسلسل الجينومي لسلالة NCTC 30، وهي سلالة من بكتيريا *Vibrio cholerae* المعزولة من الجندي، ومخزّنة الآن في مجموعة استنبات ميكروبية في بريطانيا، وتفتقر سلالة NCTC 30 إلى السم الكلاسيكي اللازم للتسبب في إسهال الكوليرا، ولكن الفريق البحثي وجد أن جينات الميكروب تحتوي على تعليمات بناء لهيكل يشبه الإبرة، يبرز من سطح البكتيريا. تشبه هذه الزائدة نظيرتها التي تستخدمها بكتيريا أخرى لحقن البروتينات مباشرة في خلايا المضيف، وربما تسبَّبت في ظهور الأعراض على الجندي، كما حدَّد الباحثون أيضا الجينات التي من شأنها أن تجعل البكتيريا مقاومة للمضادات الحيوية، على الرغم من أن البنسلين لم يُكتشف حتى عام 1928.

ويقول الباحثون إنه بسبب ندرة العينات المعزولة من *V. cholerae* من

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

C. L. KWAPICH

هذه الفترة الزمنية، فإن المقارنات بين سلالة NCTC 30 والسلالات المسببة لأوبئة، يمكن أن تقدم رؤية متعمَّقة عن تطورها.

Proc. R. Soc. B 286, 20182025 (2019)

سرطان

الأهداف المحتملة لعلاج سرطان القولون

أنشأ باحثون فهرسًا متاحًا للجميع، يذكر بالتفصيل عشرات الآلاف من طفرات البروتينات والتغييرات في معدل إنتاجها، في أنسجة سرطان القولون.

فقد فحص بينج تشانج وزملاؤه - من كلية بايلور للطب في هيوستن، بولاية تكساس- تسلسلات البروتينات، ونشاطها في أورام مأخوذة من 110 مرضى بسرطان القولون، وقارنوا النتائج مع بيانات البروتينات الخاصة بالأنسجة غير السرطانية المأخوذة من المرضى أنفسهم. وتعرَّف الفريق البحثي على 56,592 طفرة مختلفة في البروتينات بعيّنات السرطان. وكان بعض هذه الطفرات لم يُكتَشف قط. وقد توفِّر هذه الطفرات أدلة - أو واسمات حيوية - يمكن أن تساعد الأطباء على توصيف أنواع مختلفة من سرطان القولون.

كما عيّن التحليل أيضًا الجينات التي كانت نشطة على نحو غير طبيعي في الأنسجة السرطانية، بما في ذلك بعض الجينات المعروفة بدورها في قمع الورم. وساعد تفاعل يسمّى تفاعل الفسفرة على تفسير هذا النشاط المرتفع، لذلك يشير واضعو الدراسة إلى أن كبح هذا التفاعل قد يعيد هذه البروتينات إلى أداء وظيفتها الطبيعية المناهضة للسرطان.

وفي 78% من المرضى، حدَّد الفريق بدقة البروتينات التي قد تُنشّط الاستجابة المناعية لدى المريض، وربما تخدم كوسيلة تعزز علاجات السرطان المستقبلية المخصَّصة.

Cell http://doi.org/gfzvv3 (2019)

سلوك الحيوان

نمل الإنقاذ

يهدم أحد أنواع النمل الذي يتخذ من الصحراء موئلًا له – بعناء شديد - شباك العنكبوت؛ لإنقاذ رفاق عشه العالقين في الشبكة. وهي مهمة محفوفة بالمخاطر، لا يستطيع اجتيازها سوى قليل من أنواع الفرائس.

ينشأ النمل الحاصد من نوع *Veromessor pergandei* (**في الصورة**) في مستعمرات قِوامها عشرات الآلاف في جنوب غرب الولايات المتحدة، وعادة ما يسلك دربًا واحدًا يوميًّا؛ لجمع البذور. راقبت كريستينا كوابيتش، وبيرت هولدوبلر، من جامعة ولاية أريزونا في تيمبي، استجابة النمل عندما علقت نملة منه في شبكة عنكبوت.

لُوحِظ أنه إذا أفرزت النملة المأسورة إشارة تنبيه كيميائية؛ أنقذها رفاقُها، وحملوها عائدين إلى العش، وأزالوا الحرير من على جسدها، وجرّ النمل شبكة العنكبوت ذاتها، حتى دمّرها. وفي الاختبارات داخل المختبر، لُوحِظ أن النمل استغرق فترة تراوحت بين 30 دقيقة، وساعتين؛ لهدم شبكة واحدة.

يقول الباحثون إنه على الرغم من أن نملة واحدة لا تمثل سوى جزء بسيط من المستعمرة، فإن محاولات الإنقاذ قد تعزِّز بقاء المستعمرة على المدى الطويل. وربما يرجع هذا جزئيًّا إلى أن فقدان العديد من النمل الباحث عن الطعام يوميًّا بسبب الشِّبَاك يمكن أن يقلل بشكل كبير من عدد البذور المحصودة سنويًّا.

Am. Nat. http://doi.org/c55d (2019)

علم المواد

جهاز تبريد شخصي على شكل لاصقة

قد يصبح نظام تكييف الهواء الشخصي قاب قوسين أو أدنى، بفضل ظهور جهاز تبريد مرن، يمكن دمجه في الملابس.

تَستخدِم الأنظمة الكهربائية الحرارية أشباه الموصلات؛ لضخ الحرارة من أحد جانبي الجهاز إلى الجانب الآخر، مما يُولِد منطقة باردة، وأخرى ساخنة. ويمكن لمثل هذه الأنظمة أن توفر تبريدًا مُحكم، ويسهل ضبطه، لكنْ تَبَيَّن أن جَعْلها تُبَدِّد الحرارة بكفاءة مهمة صعبة.

عمل رنكون تشين، وشنج شو وزملاؤهما، من جامعة كاليفورنيا في سان دييجو، على حل هذه المشكلة، عن طريق دمج عدة أعمدة من مادة شبه موصلة بين طبقتين من بوليمر مرن، إذ تعمل إحدى الطبقتين بمثابة المنطقة الساخنة، والأخرى بمثابة المنطقة الباردة. أكسبَ هذا التصميم الجهازَ مرونة، وعزل الجانبين الساخن والبارد عن بعضهما البعض، مما سمح للطبقة الساخنة بتبديد الحرارة في الهواء.

أضاف الفريق حزمة من بطاريات مرنة إلى التصميم، بغرض إنتاج لاصقة (**في الصورة**) يمكنها تبريد درجة حرارة الجلد بأكثر من 10 درجات مئوية. ويقول الباحثون إن استخدام هذه الأجهزة يمكن أن يخفض من الطاقة المطلوبة؛ لتشغيل تكييف الهواء المركزي في المباني التقليدية بنسبة 20%، ويمنح الراحة لمَن يرتديها خارج المنزل.

Sci. Adv. 5, eaaw0536 (2019)



DAVID BAILLOT/JACOBS SCHOOL OF ENGINEERING, UNIV. CALIFORNIA, SAN DIEGO

علم الكواكب



سر تشابه القمر بالأرض

ثمة احتمال أن يكون القمر قد تكّون نتيجة ارتطام كوكب بدائي هائل بالأرض المنصهرة جزئيًّا.

تنصُّ النظرية الأساسية لتكوين القمر على أن جرمًا بحجم كوكب صغير قد اصطدم بالأرض في وقت مبكر من تاريخ النظام الشمسي، مخلفًا الحطام الذي تجمَّع مكونًا القمر. إلا أن العلماء لم يتمكنوا من تفسير بعض تفاصيل هذا السيناريو، ولا سيما سبب التشابه الكبير في التركيب الكيميائي بين المواد التي تُشكّل الأرض وتلك التي تُشكّل القمر. تشير عمليات محاكاة الاصطدام الهائل إلى أن معظم المادة المكوِّنة للقمر مصدرها الجرم المصطدم، وليس الأرض.

ويقول فريق بحثي بقيادة ناتسوكي هوسونو، من معهد يوكوهاما لعلوم الأرض في اليابان، إن حلّ هذه الأحجية قد يكمن في محيط صهارة قديم. وباستخدام تقنية المحاكاة الحاسوبية لاستكشاف سلوك الجسيمات المنصهرة عند التصادم، درس الباحثون ما يمكن أن يحدث إذا ارتطم هذا الجُرم بالأرض التي كانت تغطِّيها الصخور المنصهرة. ووجدوا أن المواد المنصهرة تُقذف بسهولة أكبر إلى الفضاء مقارنة بالصخور الصلبة، مما يعني أن الكثير من المواد المنصهرة للأرض قد اندمج في تكوين القمر.

Nature Geosci. http://doi.org/c45q (2019)

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ثلاثون يومًا موجز الأخبار

أحداث

تعتيم على الأنشطة الملوِّثة

ذكر تقرير صادر عن وزارة البيئة الصينية أن الحكومات المحلية في الصين تفبرك التقارير البيئية بغرض مساعدة الشركات على إخفاء تخلُّصها غير القانوني من النفايات وخداع مفتشي الحكومة المركزية. وذكرت الوزارة إنها اكتشفت في العام الماضي آلاف الانتهاكات للوائح البيئية في عشر مقاطعات. وفي السادس عشر من مايو الماضي، أصدرت الوزارة ملخصًا لهذه النتائج ولمحاولات الحكومات المحلية الرامية إلى تدارك هذه الممارسات. ففي مقاطعة آنهوي، على سبيل المثال، زُعم أن مصنعي الماس الصناعي تخلصوا من مياه الصرف والنفايات الصلبة الخطرة، لكن عندما ذهب المفتشون للتحقيق، نبَّه مسئولون المُصَنِّعين بخصوص قدوم المفتشين. بل وفي بعض الحالات، أوعز مسؤولون لشركاتٍ بتزوير عقود التخلص من النفايات، واستخدام الماء الدافق لتنظيف مصرف ملوث بماء الصرف، وتعليق الإنتاج مؤقتًا، للتظاهر بالامتثال للوائح. وصرحت الوزارة بأن مسؤلين محليين زوروا أيضًا وثائق للتعتيم على إهمالهم. وحسبما ورد عن الوزارة، فإن المقاطعات العشرة، أحرزت تقدمًا في إصلاح الفوضى البيئية. فقد فرضت مقاطعة شانشي، على سبيل المثال، غرامة بقيمة 24 مليون يوان (3.5 مليون دولار أمريكي) على الملوِّثين، وهي تصبو إلى إنهاء 1463 انتهاكا للوائح البيئية.



GALERIE BILDERWELT/GETTY

الآن هو عصر الأنثروبوسين

صوَّتت هيئة من العلماء الأسبوع الماضي على تسمية حقبة جيولوجية جديدة، هي حقبة الـ«أنثروبوسين» (Anthropocene)، والتي يأتي اسمها للدلالة على أوجه التأثير العميق التي غيّر بها البشر كوكب الأرض. ويمثّل هذا القرار الذي اتخذته «مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين» Anthropocene Working Group اختصارًا AWG والمؤلفة من 34 عضوًا، خطوة مهمة نحو وضع تعريف رسمي لقسم جديد من السجل الجيولوجي. وتخطط هذه الهيئة لتسليم مقترح رسمي بشأن الحقبة سالفة الذكر بحلول عام 2021 إلى اللجنة الدولية المعنية بعلم طبقات الأرض International Commission on Stratigraphy، التي تشرف على المخطط الزمني الجيولوجي الرسمي. وقد صوَّت أغلب أعضاء مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين لصالح أن تكون بداية حقبة الأنثروبوسين في منتصف القرن العشرين، أي في الآونة التي عجَّل فيها النمو السكاني السريع وتيرة الإنتاج الصناعي واستخدام الكيماويات الزراعية وغيرها من الأنشطة البشرية. وستركز المجموعة الآن على تعيين علامة جيولوجية بعينها – أو ما يسمى بـ «الطفرة الذهبية» – وعلى تحديد الأدلة المادية التي تمثل بدء الحقبة في سجل الرواسب. وأحد الخيارات المحتملة التي ما زالت قيد الدراسة في ذلك الصدد، هي نقطة ظهور النويدات المشعة التي نتجت عن تفجيرات القنابل الذرية في منتصف القرن العشرين.

تعثُّر اتفاق نووي

هَدَّدَت إيران بالتراجع عن بعض التزاماتها بموجب اتفاقية 2015 الدولية، الهادفة إلى ضمان إبقاء أنشطة إيران النووية سلمية. يُذكر أن الولايات المتحدة الأمريكية كانت قد انسحبت من الاتفاق المعروف بخطة العمل الشاملة المشتركة (JCPOA) في مثل هذا الوقت من العام الماضي، وأعادت فَرْض عقوبات اقتصادية. هذا، ولا تزال الأطراف الأخرى مستمرة في دعم الاتفاق. وبشكل مبدئي، ستتوقف إيران فقط عن الالتزام بالحدود المتفق عليها، المتعلقة بمخزونها من اليورانيوم منخفض التخصيب والماء الثقيل، غير أن إيران أعلنت، في الثامن من مايو الماضي، أنها ستتخذ إجراءات أكثر جدية خلال ستين يومًا، ما لم تُتِح لها الأطراف الأخرى الاستمرار في تصدير النفط والتجارة، وبالتحديد فيما يتعلق بالمعدات الطبية والغذاء، بالرغم من العقوبات الأمريكية. كما هددت إيران باستئناف بناء مفاعل الماء الثقيل النووي - غير المكتمل - بالقرب من مدينة آراك، وبتخصيب يورانيوم يتعدى الحدود المتفق عليها في خطة العمل الشاملة المشتركة.

مواجهة الميكروبات

قال فريق التنسيق بين الوكالات المعنيّ بمقاومة مضادات الميكروبات التابع للأمم المتحدة، في تقرير صدر في التاسع والعشرين من أبريل الماضي، إن هناك حاجة عاجلة لاتخاذ إجراءات مُنسقة تتم على الصعيد العالمي لتجنّب أزمة «البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية». وبصفة خاصة، خلُص التقرير إلى أنه يجب على الدول التوقف تدريجيًا عن استخدام مضادات الميكروبات في الزراعة، وأن عليها الاستثمار في إجراء أبحاث على مضادات حيوية جديدة وتقنيات تشخيصية مبتكرة، فضلًا عن

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تعزيز اللوائح التنظيمية الحالية. وفي حال عدم اتخاذ إجراءات كهذه، قد يُتوفَّى 10 ملايين شخص سنويًا على مستوى العالم بحلول عام 2050.
للاطِّلاع على المزيد، انظر .go.nature.com/2j7onry

صحة

لدغات الأفاعي

أعلن صندوق «وِيلْكَم تراست» Wellcome Trust - ممول أبحاث الطب الحيوي - عن إطلاق مبادرة بقيمة 80 مليون جنيه إسترليني (ما يعادل 103 ملايين دولار أمريكي) لتحسين علاج لدغات الأفاعي في الدول الفقيرة. إذ تُعَد لدغات الأفاعي شاغلًا يوميًّا في العديد من المناطق الاستوائية، وشبه الاستوائية، وتقتل عددًا يتراوح تقريبًا بين 81 ألف شخص و138 ألف شخص سنويًّا. ويرجع السبب في جزء منه إلى علاجها بمضادات سموم عتيقة، مستخلصة من الحيوانات، تعمل عادة ضد سم نوع واحد من الأفاعي (في الصورة، النوع *Bothrops jararacussu* السام). وهذا البرنامج، الذي جرى الإعلان عنه في السادس عشر من مايو الماضي، من شأنه أن يدعم تطوير مضادات سموم، يمكنها أن تعالج سموم عدة أنواع من الأفاعي. وتُعد التقنيات المستخدَمة في علوم الجينوم، والمناعة، والبيولوجيا التخليقية واعدة في ذلك الصدد. ومن المزمع أن يضطلع صندوق «ويلْكَم تراست» بالتعاون مع منظمة «أطباء بلا حدود» medicine sans Frontieres، وشركاء محليون بإنشاء شبكة أفريقية من التجارب الإكلينيكية المصمَّمة لاختبار الأدوية الواعدة المحتمل نجاحها.



WERNER RUDHART/VISUM/EYEVINE

سياسات

قانون أطفال «كريسبر»

تستعد الصين لتوفير أشكال حماية للجينات البشرية والأجنة، وذلك من خلال القانون المدني الجديد للبلاد. أُدرِج هذان البندان بقسم يتناول «الحقوق الشخصية» التي يلزم حمايتها في مسودة للقانون. وبناء على هذا، يمكن للتجارب على الجينات في البالغين والأجنة، التي من شأنها أن تهدد الصحة البشرية، أو أن تنتهك المعايير الأخلاقية، أن تُعامَل كانتهاك للحقوق الأساسية للفرد. ويقول محامون إن التشريع مفاده أن أي شخص يتلاعب بجينات بشرية، سيكون مسؤولًا عن أي عواقب صحية. ويقول تشانج بينج، الباحث في القانون الجنائي بجامعة بكين ووزي: "يوضح القانون أن أولئك الذين يُجْرون أبحاثًا على الجينات البشرية والأجنة، غير مسموح لهم بتهديد الصحة البشرية، أو انتهاك الأخلاقيات". وقد أخذت الصين منذ عام 2002 في مراجعة قانونها المدني، وهو إطار العمل القانوني الشامل الذي يحكم النزاعات غير الجنائية. وسُلِّمت المسودة الأخيرة من القانون في الشهر الماضي إلى الهيئة التشريعية الرئيسة، وهي اللجنة الدائمة للمؤتمر الشعبي الوطني، ومن المتوقع أن يجري اعتمادها في شهر مارس المقبل. كانت الضجة التي تسببت فيها تجارب التحرير الجيني المثيرة للجدل، التي أجراها عالِم الأحياء الفيزيائية الصيني هو جيانكوي في نوفمبر الماضي، هي ما استحث طرح قوانين الحماية الجديدة للجينات البشرية والأجنة. وكان جيانكوي قد ادعى إجراءه تجارب على أجنة بشرية، نتجت عنها توأمتان تملكان حمضًا نوويًّا مُحررًا، بغرض جَعْلهما أقل عرضة للإصابة بفيروس نقص المناعة البشرية (HIV).

أبحاث

بيانات فيسبوك

سيتيح فيسبوك لعلماء الاجتماع وصول غير مسبوق إلى بيانات الموقع، بما يُمكّنهم من البحث في الكيفية التي يمكن بها لمنصات التواصل الاجتماعي التأثير في الانتخابات، وقلب النظم الديمقراطية. وسيتناول اثنا عشر فريقًا بحثيًا من أنحاء العالم، قضايا مثل كيفية انتشار الأخبار الكاذبة، ومَن ينشرها وكيف يمكن التعرف على هذه الأخبار. وسيتاح للباحثين الوصول إلى بيانات مثل روابط المواقع التي شاركها مستخدمو فيسبوك، ومعلومات ديموغرافية تتضمن الجنس والعمر التقريبي لمستخدمي الموقع. وفي الوقت الراهن، تطوِّر الشركة - التي اتُّهِمَت سابقًا بانتهاكاتٍ للخصوصية - أشكال حماية جديدة، تهدف إلى تحصين هويّات مستخدميها. وقد اختار المشروعات المقررة في هذا الصدد، التي أُعلن عنها في الثامن والعشرين من أبريل الماضي، مجلسُ بحوث العلوم الاجتماعية غير الربحي، الذي يقع في مدينة نيويورك، و«سوشيال ساينس وان» Social Science One، وهي شراكة أكاديمية صناعية ذات صلة بجامعة هارفارد بكامبريدج في ولاية ماساتشوستس. وستتولى ثمان منظمات خيرية تمويل العمل. ولم يتدخَّل فيسبوك في اختيار المشروعات.

مراقبة الاتجاهات

للمرة الأولى، يتضمن تصنيف «لايدن» السنوي (الذي يقيس الأداء العلمي للجامعات على أساس التحليل الإحصائي لإنتاجها البحثي) وحدة قياس للتوازن النوعي، تحسب نسبة النساء من بين إجمالي مؤلفي الأوراق البحثية للجامعة. وقد فحص مصممو التقييم الإنتاج البحثي للفترة بين عامي 2014، و2017 في 963 جامعة، وجاءت النتائج الإجمالية داعمة للنتائج السابقة، التي تشير إلى أن النساء يمثلن حوالي 30% من مؤلفي الأوراق الأكاديمية عالميًّا. وحصدت الجامعات في أمريكا الجنوبية، وشرق أوروبا، أفضل المراكز في تحقيق التوازن النوعي، وجاءت في المركز الأول جامعة لابلِن الطبية في بولندا، بنسبة تبلغ 56% من المؤلِّفات الإناث. وحصلت جامعات عديدة في آسيا على مراكز منخفضة في الترتيب. وبشكل عام، سجلت الجامعات الأوروبية نتائج أفضل قليلًا من نظيراتها في أمريكا الشمالية. ومن ضمن أبرز المعاهد العلمية عالميًّا، جاء معهد كارولينسكا في ستوكهولم في المركز 71 بنسبة باحثات إناث بلغت 43%، في حين جاءت جامعة هارفارد في كامبريدج بماساتشوستس في المركز 286 بتحقيق نسبة بلغة 34%، وحلت كلية لندن الإمبراطورية في المركز 596 بنسبة بلغت 27%، كما جاء معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كامبريدج في المركز 752 بنسبة بلغت 22%، والمعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في زيوريخ في المركز 807 بنسبة بلغت 19%.

تصنيف نوعي

تَضمَّن تصنيف «لايدن» - وهو قياس سنوي لأداء الجامعات العلمي - لهذا العام مؤشرًا للدلالة على التنوع النوعي. ويحسب هذا المؤشر نسبة «التأليف» الجامعي من قبَل النساء، أي نسبة المؤلفات اللواتي تُوضع أسماؤهن على الأوراق البحثية.

SOURCE: LEIDEN RANKING

أخبــار في دائرة الضوء

SCOTT OLSON/GETTY IMAGES

الخنازير التي استُخدمت أدمغتها في الدراسة كانت قد ذُبحت في مسلخ من أجل لحومها.

علم الأعصاب

إبقاء أدمغة الخنازير حية لعدة ساعات خارج الجسم

نظام مستحدَث يعيد الحياة إلى أدمغة الخنازير بعد موتها يثير الكثير من التساؤلات الأخلاقية، والقانونية.

سارة ريردون

في تحدٍّ للفكرة القائلة إن موت الدماغ لا رجعة فيه، تمكَّن باحثون من إحياء أدمغة خنازير خارج أجسامها، بعد أربع ساعات من ذبح الحيوانات. وعلى الرغم من أن التجارب لم تصل إلى حدّ استعادة الوعي، فهي تثير تساؤلات حول الجوانب الأخلاقية لهذا النهج، وتساؤلات أكثر أهمية حول طبيعة الموت نفسه، إذ تسترشد بروتوكولات الإنعاش وزراعة الأعضاء بالتعريفات القانونية والطبية الحالية للموت.

وتظهر تفاصيل البحث في ورقة بحثية[1] نُشرت مؤخرًا في دورية *Nature*، حيث عمد العلماء في جامعة ييل بمدينة نيوهافن في ولاية كونيتيكت إلى توصيل الأعضاء بنظام يضخّ سائلًا بديلًا للدم. ومكَّنَت هذه التقنية الباحثين من استعادة بعض الوظائف الأساسية؛ مثل قدرة الخلايا على إنتاج الطاقة، والتخلّص من الفضلات، وساعدت في الحفاظ على البِنَى الداخلية للأدمغة.

ويقول كريستوف كوخ، رئيس معهد «ألين» لعلوم الدماغ في سياتل، بواشنطن، وكبير علمائه: "على امتداد معظم التاريخ الإنساني، كان الموت عملية بسيطة جدًّا". ويضيف: "أما الآن، فعلينا أن نتشكك في ما لا يُحتمل الرجعة فيه".

في معظم البلدان، يُعتبر الشخص متوفيًا - من المنظور القانوني - عندما يتوقف نشاط الدماغ، أو عندما يتوقف القلب والرئتان عن العمل. فالدماغ يحتاج إلى كمية هائلة من الدم، والأكسجين، والطاقة. ويُعتقد أن الحرمان - ولو ◄

◀ لبضع دقائق - من منظومة الدعم الحيوية هذه يُسبب أضرارًا لا يمكن إصلاحها.

منذ مطلع القرن العشرين، أجرى العلماء تجارب تُبْقِي أدمغة الحيوانات حيّة منذ لحظة توقُّف القلب، عن طريق تبريد الأدمغة، وضخّ الدم - أو سائل بديل عنه - فيها، لكنْ تظل كفاءة هذه الأعضاء في أداء وظائفها بعد ذلك مبهمة[2]. وقد أظهرت دراسات أخرى أن الخلايا المأخوذة من الأدمغة بعد فترة طويلة من الموت يمكنها أداء أنشطة طبيعية؛ كتصنيع البروتينات[3] مثلًا. وقد دفع هذا نيناد سيستان - عالِم الأعصاب من جامعة ييل - إلى التساؤل: هل يمكن إحياء دماغ بأكمله بعد ساعات من الوفاة؟

قرر سيستان اكتشاف الإجابة على ذلك باستخدام رؤوس مفصولة عن أجسادها لـ32 خنزيرًا، ذُبحت من أجل لحومها في مسلخ بالقرب من مختبره. وأخرج فريقه كل دماغ من جمجمته، قبل أن يوصلوه بقسطرة. وبعد أربع ساعات من الوفاة، بدأ العلماء في ضخ محلول ذي تأثير حافظ للخلايا داخل أوردة الدماغ، وشرايينه.

يحاكي هذا النظام، الذي أطلق عليه الفريق البحثي اسم «برين إي إكس» *BrainEx*، عملية تدفق الدم، عن طريق إمداد خلايا الدماغ بالمواد الغذائية، والأكسجين. وقد احتوى المحلول الحافظ للخلايا أيضًا على مواد كيميائية تمنع الخلايا العصبية من إطلاق الإشارات العصبية؛ لحمايتها من التلف، ولمنع استئناف الدماغ لنشاطه الكهربائي. وعلى الرغم من ذلك، راقب العلماء نشاط الأدمغة طوال التجربة، وكانوا على استعداد لحقن أدوية تخدير، إذا رصدوا أي علامات تشير إلى أن الأدمغة ربما تستعيد وعيها.

واختبر الباحثون مدى كفاءة عمل الأدمغة خلال فترة استمرت ست ساعات. ووجدوا أن الخلايا العصبية، وغيرها من خلايا الدماغ قد استأنفت أداء الوظائف الأيضية الطبيعية، وبدا أن أجهزة المناعة الدماغية تؤدي وظائفها. وحُفظت بِنَى الخلايا المفردة وأقسام الدماغ من التلف، بينما انكمشت خلايا الأدمغة في التجربة المضبطة التي لم تُحقن بالمحلول الحافظ للخلايا، وانهارت بِنْيتها. وعندما مرَّر العلماء تيارًا كهربائيًّا في عينات الأنسجة الدماغية المعالجة، وجدوا أن بعض الخلايا العصبية المفردة ما زالت قادرة على حمل الإشارات العصبية الكهربائية.

لكن لم يرصد الباحثون قط عبر كامل الدماغ أنماطًا كهربائية متناغمة، من شأنها أن تشير إلى نشاط معقّد. وقد صرحوا بأن استئناف معالجة الأنشطة المعقدة قد يتطلب صدمة كهربائية، أو حفظ الدماغ في محلول لفترة ممتدة؛ للسماح للخلايا بالتعافي من أي ضرر لحق بها في أثناء حرمانها من الأكسجين.

ولا يمتلك سيستان، الذي استخدم هذا النظام لإبقاء أدمغة الخنازير حية لمدة تصل إلى 36 ساعة، أي خطط مباشرة لمحاولة استعادة النشاط الكهربائي للدماغ، فهدفه هو معرفة المدة التي سيتمكن فريقه فيها من الحفاظ على الوظائف الأيضية والفسيولوجية في دماغ معزول خارج جسمه.

> **"لقد قطعنا شوطًا ناجحًا في تلك التجربة، لكن هل سنتمكن حقًا من إحياء الدماغ بالكامل مرة أخرى؟"**

ويقول سيستان في هذا الصدد: "يُحتمل أننا نحاول فقط الوقاية مما هو حتمي، وأن الدماغ لن يتمكن من التعافي". ويضيف: "لقد قطعنا شوطًا ناجحًا في تلك التجربة، لكن هل سنتمكن حقًّا من إحياء الدماغ بالكامل مرة أخرى؟" ويعلق سيستان على ذلك قائلًا إن نظام «برين إي إكس» ما يزال بعيدًا كل البعد عن أن يكون جاهزًا للاستخدام على البشر، وبالأخص بسبب صعوبة استخدامه، دون فصل الدماغ عن الجمجمة.

ومع ذلك، فإن تطوير تكنولوجيا لديها القدرة على دعم أعضاء الوعي خارج الجسم الحي له دلالات عديدة من الناحية الأخلاقية فيما يخص الحيوانات والإنسان. ويقول ستيفن لاثام، أخصائي أخلاقيات علم الأحياء من جامعة ييل، والذي تعاون مع فريق سيستان: "لا توجد آلية إشراف فعلية قائمة للتعامُل مع المخاوف بشأن العواقب الأخلاقية المحتمَلة لخلق الوعي في عضو لا يُعتبر حيوانًا حيًّا". وهو يقول إن الإقدام على إعادة الوعي للدماغ قد يكون له ما يبرره في بعض الحالات. مثلًا، إذا مكّن ذلك العلماء من اختبار الأدوية المخصصة لعلاج أمراض الدماغ التنكسية على الأعضاء، بدلًا من البشر.

تثير الدراسة الأخيرة تساؤلات حول ما إذا كان تلف الدماغ وموته أمرين دائمين، أم لا. ويقول لانس بيكر - أخصائي طب الطوارئ في معهد فاينشتاين للأبحاث الطبية في مانهاست بولاية نيويورك - إن العديد من الأطباء يفترضون أن مرور حتى دقائق قليلة من دون أكسجين يمكنه أن يسبب ضررًا قاتلًا، لكنْ تشير التجارب على الخنازير إلى احتمالية بقاء الدماغ حيًا لفترة أطول بكثير مما كان يُعتقد سابقًا، حتى من دون دعم خارجي. ويضيف بيكر: "قد نكون قد استهنا بشكل كبير بقدرة الدماغ على التعافي".

وقد تكون لتلك التجربة عواقب على عملية التبرع بالأعضاء. ففي أجزاء من أوروبا، يعمل مسعفو الطوارئ الذين لا يستطيعون إنعاش شخص ما في بعض الأحيان على الاحتفاظ بالأعضاء، لكي تُستخدم في زراعة الأعضاء، وذلك عن طريق ضخ الدم المؤكسج في الجسم، لكنْ ليس الدماغ. ويقول ستيوارت يونجر - أخصائي أخلاقيات علم الأحياء من جامعة كايس ويسترن ريزيرف في كليفلاند بولاية أوهايو - إنه إذا أصبحت تقنية مثل نظام «برين إي إكس» متاحة على نطاق واسع، فإن القدرة على زيادة فرص نجاح الإنعاش قد تقلِّص مجموع الأفراد الصالحين للتبرع بالأعضاء. ويضيف قائلًا: "ثمة تعارُض محتمَل في هذه الحالة بين مصالح كل من المتبرعين المحتملين بالأعضاء - الذين قد لا يكونون حتى متبرعين - والأشخاص الذين ينتظرون نقل الأعضاء".

وفي الوقت الحالي، يواجه العلماء والحكومات مهمة سبر أغوار المشكلات ذات الصلة بإمكانية الحصول على دماغ واعٍ منفصل عن الجسم. ويقول كوخ: "إنها فكرة لم يتم التطرق إليها سابقًا قط". ويضيف: "من المحتمل أن يُستلزم تطوير القانون؛ لمواكبة هذا التطور". ويريد كوخ عقد نقاش أخلاقيّ أكبر، قبل أن يحاول أي شخص إعادة الوعي إلى دماغ معزول. ويقول: "إنها لخطوة كبيرة، بل هائلة، وبمجرد أن تتحقق، فعندئذ لن يكون هناك مجال للتراجع". ■

1. Vrselja, Z. *et al. Nature* **568**, 336–343 (2019).
2. White, R. J., Albin, M. S. & Verdura, J. *Science* **141**, 1060–1061 (1963).
3. Verwer, R. W. *et al. FASEB J.* **16**, 54–60 (2002).

دبلوماسية العلوم

كوريا الشمالية تبرم اتفاقية علمية فريدة

علماء فيزياء سيدرسون علوم الأعصاب في معهد إيطالي بارز.

أليسون أبوت

عقد باحثون من جامعة بارزة بكوريا الشمالية اتفاقًا فريدًا من نوعه مع معهد إيطالي، سوف يمكن علماء الفيزياء من تلك الدولة المعزولة من التدرّب في مجال علم الأعصاب.

يعد هذا الاتفاق فرصة نادرة لعلماء الفيزياء من كوريا الشمالية؛ إذ تمنعهم العقوبات المفروضة في المعتاد من تلقِّي التدريب على يد علماء أجانب، بسبب ارتباط مجالهم العلمي ببحوث الطاقة النووية. ويتيح هذا الاتفاق لعلماء الفيزياء من كوريا الشمالية تطبيق قدراتهم الكمّية على مجال بحثي آخر؛ ألا وهو العلوم العصبية الحاسوبية.

عُقِد الاتفاق، المبرم في وقت سابق من هذا الشهر ووافقت عليه وزارة الشؤون الخارجية الإيطالية، بين قسم الفيزياء في جامعة كيم إيل سونج في بيونج يانج والكلية الدولية للدراسات المتقدمة (SISSA)، وهي جامعة في تريستا بإيطاليا كانت قد استضافت من قبل باحثين من كوريا الشمالية، بشكل فردي.

يحدد الاتفاق العلاقات بين الجهتين بشكل رسمي، ويُسهِّل على علماء الفيزياء بجامعة كيم إيل سونج الذهاب إلى إيطاليا للدراسة على يد باحثي الكلية الدولية للدراسات المتقدمة والتعاون معهم. كما يسهِّل على علماء الكلية الدولية الذهاب إلى جامعة كوريا الشمالية للتدريس، على سبيل المثال. ويتوقع باحثو الكلية الدولية للدراسات المتقدمة أن يأتي اثنان أو ثلاثة طلاب من كوريا الشمالية كل عام.

وقال هاك-شول باك، رئيس قسم الفيزياء في جامعة كيم إيل سونج التي تنشر نحو نصف الإنتاج العلمي المتواضع الذي تنتجه هذه الدولة المنعزلة، في حديثه لـدورية *Nature*، إن جامعته أرادت أن تنشئ معهدًا لعلوم الأعصاب، وكان لا بد من تكوين خبرات ليست متوافرة في بلاده، موضّحًا أن هذا الاتفاق مستقلٌ عن السياسة، قائلًا: "نحن علماء، لا يحركنا سوى العلم".

يقول عالم الفيزياء ستيفانو روفو، مدير الكلية الدولية للدراسات المتقدمة، إنه سعيد بمساعدة الطلاب على تلقي التدريب في قسم علم الأعصاب الإدراكي بالجامعة.

تعود جذور هذا الاتفاق إلى عام 2016، عندما أعلنتْ الأمم المتحدة فرض عقوبات دولية على كوريا الشمالية

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بهدف كبح برنامج الدولة النووي. وتمنع القيودُ الدولَ الأخرى من تدريب باحثي الدولة الآسيوية في مجال «الفيزياء المتقدمة» الغامض.

انتاب الكلية الدولية للدراسات المتقدمة شعور بالقلق من أن تشمل العقوبات مواضيع بحوث دكتوراة تخصّ أربعة طلاب من كوريا الشمالية كانوا يدرسون علم الكونيات هناك. ولتفادي اضطرار الطلاب العودة إلى بلدهم، ساعدهم روفو على تغيير موضوعاتهم البحثية. وحسب قوله: "كانت هذه لحظة صعبة للغاية بالنسبة لي من الناحية العاطفية، فقد كانوا جميعًا طلبة استثنائيين".

اتجه اثنان من الطلاب إلى دراسة علم الأعصاب. انضم واحد منهم، وهو شول يون كانج، إلى مجموعة عالم الأعصاب الحاسوبية أليساندرو تريفيس في الكلية الدولية، وبعد حصوله على الدكتوراة عاد إلى جامعة كيم إيل سونج.

أسهم تريفيس في مفاوضات الاتفاق الجديد عندما زار بيونج يانج في سبتمبر الماضي، إذ كان هناك لحضور مؤتمر دولي نادر في الجامعة عن العلوم، ووجد نفسه واحدًا من بين بضعة علماء غربيين حاضرين.

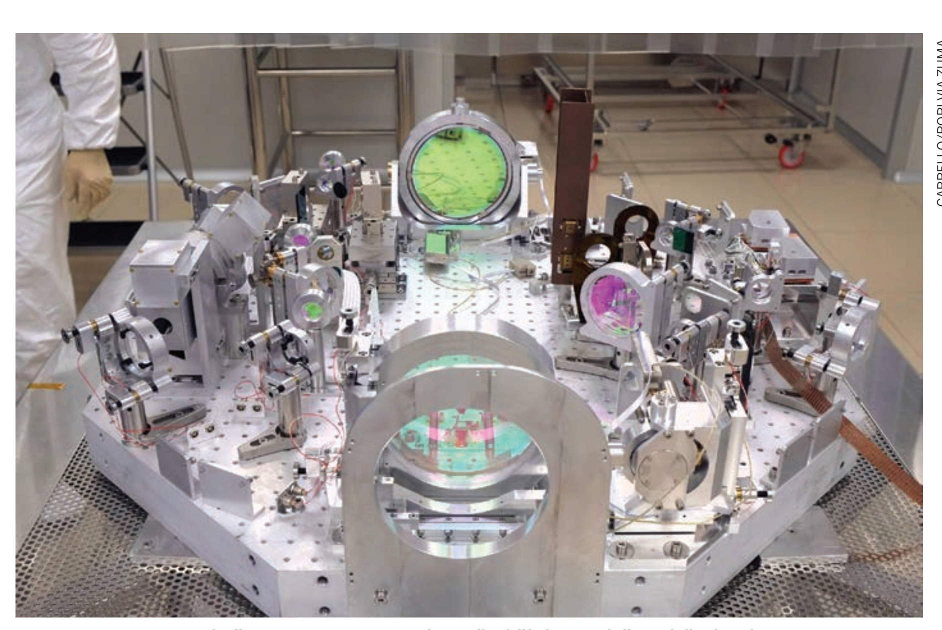
يقول تريفيس إن هذا الاتفاق ذو قيمة فيما يتعلَّق بدبلوماسية العلوم، إلا أنه يوفِّر مزايا إضافية لكلا الجانبين؛ فهو يمنح علماء كوريا الشمالية صغار السن "فرصًا للنمو في مجال بحثي مزدهر"، كما أنهم في رأيه يمثلون مواهب "أطمع في جلبها إلى الكلية الدولية للدراسات المتقدمة، قبل أن تنفتح بلادهم ويتخاطفهم منافسونا".

قال كيم جونج-أون زعيم كوريا الشمالية في خطاب له في أبريل عام 2018، إنه يرغب في تعزيز الاقتصاد من خلال العلم والتعليم. ■

موجات الجاذبية

استئناف العمل بمرصد «ليجو» بفضل تحديث كمي

يُتوقع أن تتدفق بيانات تفصيلية عن موجات الجاذبية من هذا المرصد الأمريكي، ونظيره الأوروبي، مرصد «فيرجو».



CAPPELLO/ROPI VIA ZUMA

جزء من مرصد «فيرجو» لموجات الجاذبية، الواقع في إيطاليا، والذي صار يتمتع بضعف درجة دقته السابقة.

دافيدي كاستلفيكي

استأنف الباحثون مهمّة تعقّب موجات الجاذبية من جديد، لكن هذه المرّة بمساعدة الخصائص الفريدة لميكانيكا الكم.

فقد استأنفتْ ثلاثة مراصد ضخمة - اثنان منها في الولايات المتحدة، هما مرصدا «ليجو» LIGO، والثالث في إيطاليا ويُعرف باسم «فيرجو» Virgo - عملية جمع البيانات في الأوّل من أبريل الماضي، بعد توقّف عن العمل دام 19 شهرًا لإجراء تحديثات بها. ويرجعُ الفضل جزئيًّا إلى الظاهرة الكمِّية المعروفة باسم الضوء المضغوط في تعزيز التوقعات من هذه المراصد، ليس فقط بشأن تمكّنها من رصد المزيد من موجات الجاذبية - وهي تموّجات في نسيج الزمان والمكان من شأنها الكشف عن كم هائل من المعلومات عن الكون - بل أيضًا بشأن تَمكُّنِها من جمع أرصاد بدقة تفاصيل غير مسبوقة.

ويأمل الباحثون في رصد أحداث لم تُرصَد بعد، مثل أحد المستعرات العظمى (سوبرنوفا)، أو اندماج ثقب أسود مع نجم نيوتروني.

وتمثِّل جولة الرصد الحالية التي تستمر حتى شهر مارس من العام الحاليّ، تغييرًا كبيرًا في طريقة الرصد الفلكي لأمواج الجاذبية، ففي السابقة الأولى من نوعها، سيتمكن مرصدا «ليجو»، و«فيرجو» من إرسال إشارات تنبيه آنية عامة عن رصد الموجات، لتزويد المراصد الأخرى - وأي شخص لديه تليسكوب - بمعلومات تتعلَّق بكيفية رصد هذه الأحداث، بحيث يمكن دراستها في مناطق مختلفة من طيف الضوء. وفي ذلك، يقول ديفيد رايتزي، عالم الفيزياء من معهد كاليفورنيا للتقنية في مدينة باسادينا، ومدير مرصد «ليجو»: "علماء الفلك متعطشون للاكتشافات". يذكر أن مرصد قياس تداخل موجات الجاذبية بالليزر Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (ليجو)، هو الذي حقق أول رصد لموجات الجاذبية له في عام 2015.

فخلال جولَتي الرصد السابقتين، تمكَّن المرصدان التوأمان «ليجو» من رصد 11 إشارة دالة على موجات جاذبية، تنبثق كل إشارة منها من تصادم كوني هائل، إذ انبعثت 10 منها عن عمليات اندماج بين ثقبين أسودين، وانضم مرصد «فيرجو» إلى شبكة المراصد هذه في عام 2017 وأسهم في عديد من الاكتشافات؛ لا سيّما في عام 2017، عندما رصد لأوّل مرّة موجات تشكَّلت من اندماج اثنين من النجوم النيوترونية.

ويقول رايتزي إن هذه الشبكة المطوَّرة يُتوقع أن تكون قادرة على رصد حدث واحد أسبوعيًا في المتوسط، بعد أن كان معدّل الرصد حدثًا واحدًا كل شهر، وستنبعث معظم الموجات -على الأرجح - من أحداث اندماج بين ثقوب سوداء، لكن علماء الفيزياء متشوّقون لرصد تصادم آخر بين نجوم نيوترونية.

وبفضل تزايُد دقة هذه المراصد، ستكون أقدر على تمييز الإشارات والفصل بينها وبين التشويش الخلفي، وهو ما يتيح لعلماء الفيزياء مزيدًا من التفاصيل عن تلك الموجات، وهذا من شأنه أيضًا أن يسمح بإجراء اختبارات دقيقة لنظرية النسبية العامة التي تنبَّأتْ بوجود موجات الجاذبية.

ويقول إيليا ماندل، عالم الفيزياء الفلكية النظرية من جامعة موناش في مدينة ملبورن بأستراليا، إنه من المتوقع أن تميط الاكتشافات القادمة اللثام عن أسرار تتعلق بالثقوب السوداء التي في طريقها إلى الاندماج؛ مثل سرعة دورانها، واتجاه هذا الدوران، ويضيف: "ربما نستطيع البدء في استنباط بعض المعلومات بخصوص ما إذا كانت الثقوب تصطف بشكل تفضيلي، أم لا".

وقد عزَّزت التحديثات التي تم إجراؤها على مرصد «ليجو» الواقع في مدينة ليفينجستون بولاية لويزيانا الأمريكية - والذي يُعد بالفعل أعلى المراصد دقة - درجة دقة المرصد بنسبة 40%، بينما في عام 2017، تعرقل عمل كل من مرصد «ليجو» الثاني المختصّ بقياس التداخل، الواقع في هانفورد بواشنطن، ومرصد «فيرجو» القريب من مدينة بيزا الإيطالية، بسبب بعض العقبات الفنية، لكنهما تمكَّنا من اللحاق بالركب جزئيًا في الوقت الحاليّ. فمنذ عام 2017، تضاعفت تقريبًا مسافة نطاق الرصد الخاص بمرصد «فيرجو» على حد قول أليسيو روكي المكلف بتنسيق العمل بالمرصد، وعالم الفيزياء بالمعهد الوطني للفيزياء النووية في روما.

تحديثات الليزر

تنبع التحسيناتُ في درجة دقة الرصد - إلى حد كبير- من تغييرين في أجهزة الليزر في قلب المراصد، فكل مرصد من

مرصدي «ليجو» التوأمين عبارة عن نظام مفرّغ الهواء على شكل حرف "L" يمتدّ على شكل ذراعين يبلغ طولهما أربعة كيلومترات، ويشبه مرصد «فيرجو» ذلك الشكل، لكن يبلغ طول ذراعيه ثلاثة كيلومترات، وبالداخل، تنعكس أشعة الليزر مرتدَّة بين المرايا عند كلتا نهايتي المرصد، وعندما تمرّ تموّجات الجاذبية عبر كوكب الأرض، فإنها تُحدِث تغييرًا طفيفًا في طول تلك الأشعة.

ولتمييز الإشارات بصورة أفضل والفصل بينها وبين التشويش الخلفي، زاد علماء الفيزياء في مرصدي «ليجو»، و«فيرجو» من طاقة أشعة الليزر، واستخدموا للمرة الأولى تقنية يُطلق عليها الضوء المضغوط، تستند على إحدى الخصائص الفريدة لميكانيكا الكم.

ويعجُّ الفضاء الفارغ بجسيمات أوّلية تستمر في الظهور، ولا تلبث أن تختفي في غضون لحظات، وبسبب هذه التقلّبات العشوائية، تصطدم الفوتونات الموجودة في أشعة الليزر الخاصة بمراصد موجات الجاذبية بالمرايا في أوقات لا يمكن التنبؤّ بها، وفي مرصدي «ليجو»، و«فيرجو»، كانت هذه هي العقبة الأساسية التي تعوق رصد موجات الجاذبية عالية التردد، أو الدرجة. ولكن بإمكان علماء الفيزياء استخدام تقنية الضوء المضغوط لإحداث تحوّل في بعض هذه التقلّبات لتحدث عند الترددات المنخفضة؛ بهدف تحسين عملية رصد الموجات عالية التردد.

ويمكن لهذه التقنية أن تُحسّن - بدرجة كبيرة - من عملية رصد الموجات التي تتشكَّل نتيجة اندماج ثنائيات من النجوم النيوترونية، أو الثقوب السوداء الصغيرة، والسبب في ذلك أنه في أثناء تحرُّك الأجسام حركة حلزونية مقتربة من بعضها، تدور الأجسام الأخف وزنًا حول بعضها، بمعدل يصل إلى 500 مرة في الثانية، وذلك قُبيل تصادمها مباشرة، ومن ثَم تُصبح موجاتها عالية الدرجة، بدرجة تتخطَّى نطاق رصد مقياس التداخل بالمرصد، ومن خلال زيادة درجة الدقة، يمكن للمراصد أن تتعقَّب الأجسام وصولًا إلى نهايتها المحتدمة.

كما يتأهّب علماء الفلك في أنحاء العالم لمتابعة عمليات رصد الموجات، ويستعدون لفحص الأحداث نفسها باستخدام الإمكانيات التقليدية - بما في ذلك المراصد الراديوية، ومراصد الأشعة السينية - وذلك بفضل نظام التنبيه الذي سيصبح متاحًا أيضًا عبر أحد تطبيقات الهواتف الذكية. وفي جولات الرصد السابقة، كانت الفرق الراغبة في إجراء مثل تلك المتابعات تُضطر إلى توقيع مذكرات تفاهم مع تعاوُن مرصدي «ليجو» و«فيرجو»، من أجل استقبال إشارات تنبيه سرّية. أما الآن، فلا توجد قيود، على حد قول رايتزي، الذي يضيف قائلًا: "يعد هذا تطورًا كبيرًا". ■

علم الكواكب

بيانات المريخ تزيد من غموض لغز الميثان

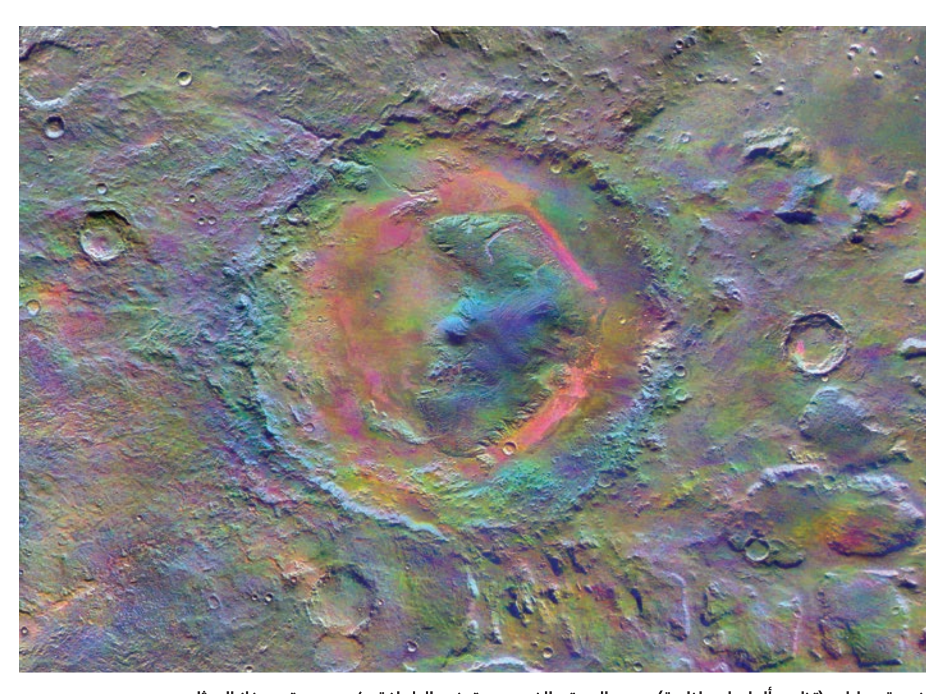
لم يرصد متتبّع أثر الغازات المداري في الشهور الأولى من تشغيله أثرًا لغاز الميثان في الغلاف الجوي لكوكب المريخ.

ألكسندرا ويتز

كان من المفترض أن تقدِّم إحدى المركبات الفضائية حلًا للغز الميثان على المريخ، لكنها بدلاً من ذلك فاقمت من حيرة العلماء، إذ أفاد الباحثون عبر بحث نُشر مؤخرًا في دورية *Nature*[1]، أن متتبع أثر الغازات المداري الأوروبي الروسي (TGO) الذي بدأ البحث عن الميثان العام الماضي، لم يرصد أي أثر له في الغلاف الجوي للمريخ حتى الآن.

في ذلك، تقول دوروثي أولار، عالمة جيولوجيا الكواكب من معهد علوم الكواكب في هيوستن بولاية تكساس: "إنها لمفاجأة كبيرة".

رصدتْ البعثات الفضائية السابقة للمريخ آثارًا طفيفة لغاز الميثان يحملها الغلاف الجوي، ويفيد أوليج كورابليف، عالم الفيزياء من معهد بحوث الفضاء بموسكو، والواضع الرئيس للبحث، أن فشل متتبّع أثر الغازات المداري في العثور على الغاز حتى الآن يشير إلى وجود عملية مجهولة تُزيل جزءًا كبيرًا من محتوى الغلاف الجوي من الغاز، بعد وقت قصير من ظهوره.



ASU/JPL-CALTECH/NASA

فوهة «جايل» (تظهر بألوان اصطناعية) وهي الموقع الذي رصدت فيه الطوافة «كيوريوسيتي» غاز الميثان.

ويحرص علماء الكواكب على معرفة مصدر غاز الميثان على المريخ، إذ إن معظم غاز الميثان الموجود في غلاف الأرض الجوي تكونه كائنات حيّة، وقد تساعد دقة تحديد كمية غاز الميثان الموجودة في الغلاف الجوي للمريخ ومكان وجوده الباحثين على معرفة ما إذا كان الغاز يأتي من مصادر جيولوجية عبر تفاعلات كيميائية في الصخور، على سبيل المثال، أم أن له منشأ آخر أكثر تشويقًا، قد يكون أحد أشكال الحياة على كوكب المريخ.

وقد رصد العلماء وجود غاز الميثان على المريخ بشكل متكرّر على مدار الخمسة عشر عامًا الماضية. فمن ما أُبلغ عنه، مشاهدات بالتليسكوب لعمود من غاز الميثان عام 2003 (المرجع رقم 2)، فضلًا عن عمليات رصد عابرة له من خلال طوافة «كيوريوسيتي» Curiosity التابعة لوكالة ناسا عند فوهة «جايل» Gale crater[3] منذ عام 2012، ورصدت مركبة «مارس إكسبريس» Mars Express التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية وجود الغاز في مواقع متعددة، بما في ذلك عمود منه قُرب فوّهة «جايل» عام 2013 (المرجع رقم 4).

ولحسم هذا الجدل، وصل متتبّع أثر الغازات المداري إلى المريخ عام 2016، وبدأ في جمع بيانات الغلاف الجوي للكوكب في شهر أبريل من عام 2018، لكن لم يرصد المتتبع علامات على وجود الميثان في الفترة ما بين شهري أبريل وأغسطس من عام 2018، رغم قدرة معدّاته على رصد الغاز عند تركيز يصل إلى أقل من 50 جزءًا في التريليون.

ويذكر كريستوفر وبستر من مختبر الدفع النفاث في باسادينا بولاية كاليفورنيا، والذي يدير تشغيل معدات قياس الميثان التابعة للطوافة «كيوريوسيتي»، أن الطوافة رصدت غاز الميثان بتركيز يقارب 500 جزء في التريليون، في منتصف يونيو من عام 2018، في الوقت ذاته الذي حلَّق فيه المتتبع عاليًا دون رصد أي أثر له. وتشير النماذج إلى أنه يتعيّن على أي أعمدة لغاز الميثان أن تنجرف لأعلى، وتمتزج بالغلاف الجوي للكوكب في غضون أشهر قليلة، ويتساءل جون مورز، عالم الكواكب من جامعة يورك في تورونتو، بكندا: "لماذا تتلاشى

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هذه الأعمدة سريعًا هكذا؟ ثمة قطعة مفقودة من الأحجية".

ويتطلَّع الباحثون إلى الحصول على إجابات من الفجوة الواقعة ما بين منطقة عمل طوافة «كيوريوسيتي» التي ترصد الميثان على ارتفاع متر واحد فوق سطح المريخ، ومنطقة عمل متتبع أثر الغازات المداري الذي يسجل أفضل قياساته على ارتفاع 5 كيلومترات على الأقل فوق سطح الكوكب، ويسعى العلماء إلى تحديد كيف يمكن تدمير الغاز عندما يقترب نسبيًا من سطح المريخ.

ويقول مايكل موما، عالم الكواكب من مركز جودارد للرحلات الفضائية التابع لوكالة ناسا والقائم في مدينة جرينبلت بولاية ميريلاند، إنه من المحتمل أن الغاز المتسرِّب من سطح المريخ يُزال بواسطة تفاعل كيميائي، قد يحتوي على غبار ويحدث على ارتفاع منخفض. وقد قام فريق مقرّه جامعة آرهوس في الدنمارك، كان قد درس الكيفية التي يمكن بها لجسيمات الغبار أن تستنفد غاز الميثان الموجود على المريخ، بعرض أفكاره في ذلك الصدد يوم الحادي عشر من أبريل الماضي في أثناء اجتماع الاتحاد الأوروبي لعلوم الأرض في فيينا.

وجاء هذا في الوقت المناسب، حيث انتشرت عاصفةً ترابيةً عملاقةً على مدى كوكب المريخ في شهر يونيو من عام 2018، وحجبتْ الغلاف الجوي، كما أجبرت المتتبع على تركيز بحثه عن الميثان بشكل مؤقت في الارتفاعات، وخطوط العرض العالية.

ويُشكّك بعض العلماء في إمكانية عثور المتتبع على الغاز في نهاية المطاف، فيقول كيفين زانلي، عالم الكواكب من مركز أميس للأبحاث التابع لوكالة ناسا، والكائن في مطار موفيت فيلد بولاية كاليفورنيا، والذي ساق الحجج بأن التقارير التي تُفيد بوجود غاز الميثان على المريخ، ما هي إلا أخطاء في عملية الرصد: "لم يسبق لي أن شهدت حالة رصد مقنعة لوجود ميثان متأصّل على المريخ، ولا أظن أنني سأشهد واحدة يومًا".

لكن تقول أولار إن الميثان في الأغلب ينبعث من مناطق نشطة جيولوجيًا على المريخ، كتلك التي تعجّ بالصدوع، ومع عدم توافر قياسات أرضية من المريخ سوى تلك الصادرة عن طوافة «كيوريوسيتي»، فإن الفرصة – ببساطة – لم تسنح للعلماء لمراقبة كيف يمكن للغاز أن يتسرَّب من أجزاء مختلفة من سطح المريخ، أو كيف يمكن لغاز الميثان أن يُدمَّر في أثناء ارتقائه للأعلى.

وسيستمر متتبِّع أثر الغازات المداري في مراقبة الغلاف الجوي للمريخ حتى عام 2022 على الأقل، فحتى الآن، لم يقضِ المتتبع في رصد المريخ غير جزء ضئيل من السنة المريخية، التي تستمرّ لمدة تساوي عامين من أعوام الكُرة الأرضية تقريبًا، ولا يزال من الممكن أن تظهر آثار طفيفة لغاز الميثان مع مرور الفصول، وتقول أولار: "هناك حقيقة واحدة مؤكدة عن المريخ، وهي أنه ليس مملًا على الإطلاق". ■

1. Korablev, O. *et al. Nature* http://doi.org/10.1038/s41586-019-1096-4 (2019).
2. Mumma, M. J. *et al. Science* **323**, 1041–1045 (2009).
3. Webster, C. R. *et al. Science* **360**, 1093–1096 (2018).
4. Giuranna, M. *et al. Nature Geosci.* http://doi.org/10.1038/s41561-019-0331-9 (2019).

الصحة العامة

طرح لقاح جديد للملاريا في أفريقيا.. في ظل شكوك بشأن فاعليته

أثبت لقاح RTS,S فاعلية بنسبة تصل إلى 40% في وقاية الأطفال الصغار من الملاريا.



AMOS GUMULIRA/AFP/GETTY

انطلق برنامج تجريبي للتطعيم ضد الملاريا في مالاوي يوم 23 من أبريل.

إيمي ماكسمن

حين طرح العاملون بقطاع الصحة في مالاوي، أوَّل لقاح تُثبت فاعليته في الوقاية من الملاريا، كانتْ هذه لحظة تَطلَّب الإعداد لها 32 عامًا، وأكثر من 700 مليون دولار أمريكي.

بدأت مالاوي تقديم اللقاح المُسمى RTS,S للأطفال تحت سن عامين في يوم 23 من أبريل الماضي، وستلحق بها قريبًا غانا وكينيا، كجزء من برنامج تجريبي واسع النطاق، بدعم من منظمة الصحة العالمية (WHO). وقد تُحصِّن هذه الجهود أكثر من مليون طفل ضد المرض بحلول عام 2023، وهي بمثابة دعم مرحبٌ به في إطار الحرب ضد الملاريا، التي تتسبّب في وفاة 1200 شخص في المتوسط حول العالم يوميًا، أغلبهم من الأطفال في قارة أفريقيا.

في ذلك، يقول مايكل كايانج، مدير البرامج في البرنامج الوطني المالاوي لمكافحة الملاريا في ليلونجوي: "نحن متحمِّسون وداعمون لهذا اللقاح، إذ لا يوجد بديل آخر".

لكن الخطة لم تسلم من الجدل. فلقاح RTS,S لا يقي إلا أربع حالات من بين عشر حالات ملاريا ويجب أن يُعطى في صورة أربع جرعات على مدار ثمانية عشر شهرًا. ويُشكّك بعض باحثي الملاريا في حكمة بذل الوقت والمال على البرنامج التجريبي، علمًا بأن حفنة من اللقاحات الأكثر فاعلية تخضع للتجارب الإكلينيكية، ويمكن توفيرها بحلول الوقت الذي يصبح فيه لقاح RTS,S جاهزًا للاستخدام المنتظم. ويشير هؤلاء الباحثون إلى أن الجهد المبذول على مدار عقود لطرح لقاح RTS,S يُجسّد التقدّم متثاقل الخطى في مجال اللقاحات ضد الأمراض التي تصيب فقراء العالم، وهو يُسلِّط الضوء على الحاجة إلى مسار أكثر كفاءة للمضي قدمًا.

فيقول جيمس تيبينديرانا، المدير الفني العالمي لاتحاد الملاريا في لندن: "نحن في حاجة لإعادة النظر في هذه العملية برمّتها، إذ لا يمكننا أن نتوقع من شركات الأدوية أن تقضي 30 عامًا أخرى في إنتاج لقاح، يجري تجريبه بعدها لمدة من 3 إلى 4 سنوات، قبل أن يُحسم القرار بشأن نتائجه".

يتَّفق مع ذلك مسؤولون في شركة جلاكسو سميث كلاين (GSK)، شركة المستحضرات الدوائية التي تقع في لندن وتصنِّع اللقاح. إذ يصرِّح توماس بروير، رئيس الخدمات الطبية المتعلقة باللقاحات في الشركة: "نحن فخورون للغاية برؤية هذا اللقاح مطروحًا للاستخدام"، لكنه يضيف: "لا

يمكن تكرار هذا النوع من المساعي، من منظور شركة جلاكسو سميث كلاين، علينا إيجاد طرق أخرى".

وعندما بدأ علماء في معهد وولتر ريد العسكري للأبحاث بسيلفر سبرينج بولاية ماريلاند، اختبار لقاح RTS,S عام 1987، سرعان ما أدركوا مدى صعوبة استهداف طفيل الملاريا. فبعكس الفيروسات والبكتيريا، تُغيِّر المتصورة المنجلية *Plasmodium falciparum* من شكلها بداخل الجسم البشري، وهو ما يُصعب مهمة التعرف على هذا الطفيل عن طريق البروتينات المهاجمة المُحفزة باللقاح.

دعمت شركة جلاكسو سميث كلاين ومؤسسة بيل وميليندا جيتس بمدينة سياتل في واشنطن، طوال العقود الثلاثة الماضية، عملية تطوير اللقاح، بتكلفة 700 مليون دولار. وتوّجت هذه الجهود عام 2015، حين كشفت[1] تجربة إكلينيكية تضم 15 ألف شخص أن إعطاء 4 جرعات من لقاح RTS,S، على مدار 18 شهرًا، قد قلَّص عدد نوبات الملاريا التي عانى منها الأطفال الصغار بنسبة 36%.

لكن تشير بيانات من تجربة سابقة إلى أن تلك الوقاية الجزئية تتلاشى على مدار عدة سنوات[2]، كما أن بحثًا متعمقًا في بيانات تجربة عام 2015، كشف أن الفتيات اللاتي تلقين لقاح RTS,S كانوا أكثر عرضًة للوفاة بنسبة ضئيلة من شتى الأسباب الصحية، بما فيها الملاريا الحادة[3]، مقارنة بمن لم يتلقين اللقاح. في الوقت نفسه، على حد قول تيبينديرانا، يعتري المسؤولين بهيئات مكافحة الملاريا في إفريقيا القلق بشأن طريقة توفير لقاح متعدّد الجرعات، وذلك في الوقت الذي يجدون فيه بالفعل صعوبة في توزيع الناموسيات والعقاقير لعلاج العدوى.

إدراكًا لمثل هذه المخاوف، أوصتْ منظمة الصحة العالمية عام 2015، بطرح لقاح RTS,S على مراحل، لاكتشاف أي مشاكل تتعلق بالسلامة، ولتحديد إمكانية توزيعه على نطاق أوسع. وفي عام 2016 اتَّفقت ثلاث مجموعات صحية غير هادفة للربح - وهي الصندوق العالمي لمكافحة الإيدز والسل والملاريا، والتحالف العالمي للقاحات والتحصين Gavi، ومبادرة يونيتايد Unitaid- على تمويل برنامج للقاح التجريبي مدّته أربع سنوات بتكلفة 52 مليون دولار.

وقالت ماري هامل، الأخصائية الطبية في الوبائيات بمنظمة الصحة العالمية في مدينة جنيف السويسرية، إن الباحثين سيقارنون الحالة الصحية للأطفال الذين جرى تطعيمهم في مالاوي، وغانا، وكينيا بنظرائهم من الأطفال الذين لم يتلقوا تطعيمًا في المناطق المجاورة، مضيفة: "سوف نراقب الوضع تحسبًا لاختلال نسب الوفيات وحدوث حالات الملاريا الحادة والتهاب السحايا". وتشير نماذج منظمة الصحة العالمية إلى أنه يمكن إنقاذ حياة طفل واحد من بين كل 200 طفل محصنين باللقاح.

يعني ذلك أن اللقاح التجريبي قد يُنقذ آلاف الأرواح، لكن سابرا كلاين، الباحثة في مجال الصحة العامة في جامعة جونز هوبكنز بمدينة بالتيمور في ولاية ماريلاند، قلقة من صعوبة تحديد سبب أي مشكلات سلامة تظهر، لأن اللقاح التجريبي ليس نتاج تجربة مُحكمة، وتابعت: "علينا مواجهة هذه المسألة، من أجل تحسين الجانب العلمي وراء لقاحاتنا".

ويحاجج آخرون، مثل آدريان هيل، باحث اللقاحات بمعهد جينر بأوكسفورد في المملكة المتحدة، بأنه قد يكون من الأفضل إنفاق الأموال المُخصصة للبرنامج التجريبي على دعم تطوير لقاحات أكثر فاعلية. ويسهم هيل في إنتاج لقاح ضد الملاريا يسمى R21، من المقرر دخوله تجارب المرحلة الثانية ببوركينا فاسو في وقت لاحق من هذا العام (2019). بينما يرغب بعض العلماء في إعادة تصميم لقاح RTS,S لتحسين مقاومته لأكثر سلالات طفيل الملاريا شيوعًا في إفريقيا[4].

حول ذلك، يقول هيل: "يجب أن يُلقِي شخصٌ ما نظرةً فاحصة على طريقة إنفاق الأموال". ويضيف: "لا وجود لكيان مستقل تمامًا بوسعه أن يتساءل عما إذا كان من المُجدِي، في ظل الظروف الراهنة، استثمار 52 مليون دولار أخرى في لقاح صُمِّمَ عام 1987". ■

1. RTS,S Clinical Trials Partnership. *Lancet* **386**, 31–45 (2015).
2. Olotu, A. *et al. N. Engl. J. Med.* **374**, 2519–2529 (2016).
3. Klein, S. L., Shann, F., Moss, W. J., Benn, C. S. & Assby, P. *mBIO* **7**, e00514–16 (2016).
4. Neafsey, D. E. *et al. N. Engl. J. Med.* **373**, 2025–2037 (2015).

فيزياء فلكية

التقاط أول صورة لثقب أسود.. بدقة مذهلة

الصورة التي انتجها لتليسكوب أفق الحدث تُعد واحدة من أقوى إثباتات نظرية النسبية لأينشتاين.

دافيديه كاستلفيكي

أخيرًا، اختلس علماء الفلك نظرة إلى عتمة ثقب أسود، إذ استطاعوا - للمرة الأولى - إنتاج صورة لأُفق الحدث (وهو حافة الثقب الأسود المحفوفة بالمخاطر) على خلفية من الضوء الملتف، وذلك عبر ربط شبكة عالمية من التليسكوبات الراديوية.

"لقد رأينا بوابات الجحيم عند نهاية الزمان والمكان"، حسب قول عالم الفيزياء الفلكية هينو فالك، من جامعة رادباود بنايميجن في هولندا، أثناء المؤتمر الصحفي في بروكسل في العاشر من أبريل الماضي.

تصدرت الصورة، التي أنتجها تَعاوُن تيليسكوب أفق الحدث Event Horizon Telescope collaboration (EHT)، الصفحات الأولى للصحف حول العالم. وقد أشاد بها العلماء باعتبارها إنجازًا عظيمًا – وواحد من أقوى الإثباتات حتى الآن على صحة نظرية النسبية العامة لألبرت آينشتاين.

تُظْهِر الصور، التي تعرض بِنْية على شكل خاتم متوهج، ثقبًا أسود فائق الكتلة في مركز مجرّة M87، والتي تقع على بُعد 16 مليون فرسخ فلكي (55 مليون سنة ضوئية) تقريبًا. ويحوي "الظل" في منتصفه أفق الحدث، وهو السطح الذي يمثل نقطة اللا عودة.

كُشف النقاب عن النتائج - التي تُقارَن بتمييز كعكة «دونات» على سطح القمر- من قِبَل تعاوُن تيليسكوب أفق الحدث، وذلك في ستة مؤتمرات صحفية متزامنة في أربع قارات. ونُشرت النتائج في دورية «أستروفيزيكال جورنال ليترز» *Astrophysical Journal Letters*[1-6].

يقول روجر بلاندفورد، عالم الفيزياء الفلكية بجامعة ستانفورد في كاليفورنيا: "عندما كنت طالبًا، لم يخال لي قط أن أي شيء من هذا القبيل قد يكون ممكنًا". ويضيف قائلًا: "إنها تأكيدًا آخر على صحة نظرية النسبية العامة باعتبارها الفرضية الصحيحة للجاذبية القوية".

وآفاق الحدث هي السمات المميزة للثقوب السوداء. وبالنسبة إلى مراقبٍ قريب، قد يبدو أفق الحدث على هيئة سطح كروي، يحجب جوانبه الداخلية عن الرؤية. ولأن الضوء يمكنه عبور السطح في اتجاه واحد إلى الداخل، يبدو الجسم الكروي كله أسود.

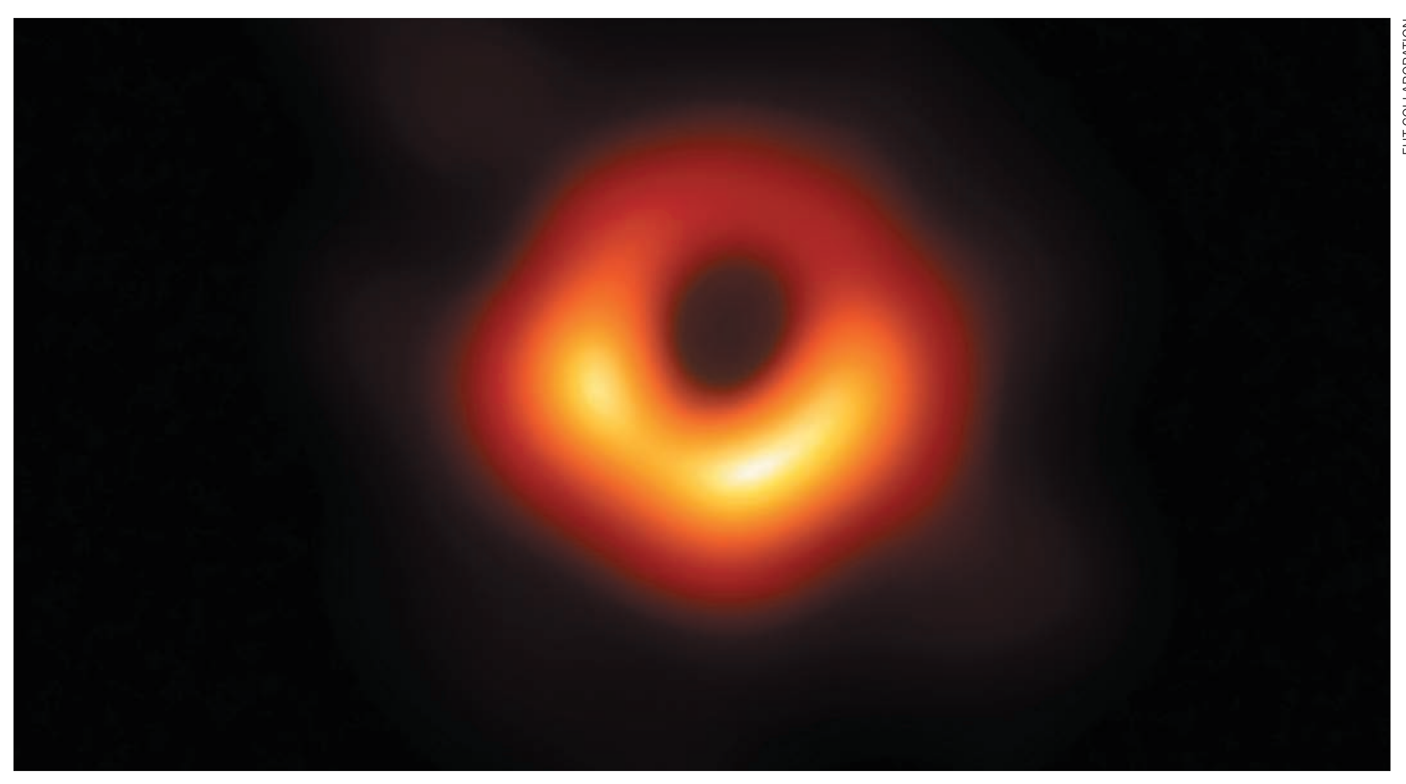
يُفترض أنْ يظهر أفق حدث الثقب الأسود 5 مرات أكبر مما هو عليه، لأن الثقب يشوِّه الفضاء المحيط به، ويتسبب في انحناء طرق الضوء. إنّ التأثير الذي اكتشفه عالِم الفيزياء جيمس باردين بجامعة واشنطن في سياتل في عام 1973 يشبه الطريقة التي تبدو فيها الملعقة أكبر حينما تُغمَر في كوب من الماء. وإضافة إلى ذلك.. أظهر باردين أن الثقب الأسود سُيلقي "ظِلًّا" أكبر، لأنه في خلال مسافة معينة من أفق الحدث تنحني غالبية أشعة الضوء بشدة، لدرجة أنها تدور فعليًّا حول الثقب الأسود، مكونة "حلقة فوتونية".

جهود متضافرة

قدّر علماء الفلك الراديوي أنه للحصول على تفاصيل على أي نطاق، بل وحتى على نطاق أكبر الثقوب السوداء المعروفة، يلزمهم استخدام موجات راديوية قصيرة بطول موجي يبلغ حوالي واحد ملليمتر – إذ قد ينتج عن الموجات الأطول صورة غير واضحة. ومع ذلك، ولأن دقة التليسكوب تتناسب تناسبًا طرديًا مع حجمه، فإن هذا الإنجاز يتطلب تليسكوب بحجم كوكب الأرض. ومن هنا اتجه علماء الفلك إلى تقنية تُدعى «قياس التداخل»، تُصوب من خلالها عدة تليسكوبات بعيدة عن بعضها البعض نحو الهدف ذاته في الوقت نفسه. وهكذا، تعمل التليسكوبات وكأنها خلايا طبق واحد كبير.

وكانت فرَق مختلفة حول العالم قد حَسَّنت تقنياتها، وأدخلت بعض الإصلاحات على بعض المراصد الرئيسة، بحيث يمكن إضافتها إلى الشبكة؛ وتحديدًا.. قامت مجموعة بقيادة شيب دولمان، الذي يعمل الآن بجامعة هارفارد في كامبريدج بولاية ماساتشوستس، بتهيئة تليسكوب القطب الجنوبي، الذي يبلغ قطره عشرة أمتار، ومصفوفة مرصد أتاكاما الكبير الملّيمتري/دون الملّيمتري (ALMA) في تشيلي، لأداء المهمة.

وفي عام 2014، وَحَّد فالك، ودولمان، ومجموعات من مختلف أنحاء العالم جهودهم؛ لتكوين تعاون تليسكوب أفق الحدث، واستطاعوا عمل أول حملة رصْد تغطي كوكب


EHT COLLABORATION

تُظهر أول صورة مباشرة لثقبٍ أسود الفراغ في قلب المجرة M87.

الأرض في عام 2017. ورصدوا كلًّا من ساجيتاريوس إيه ستار، وM87، خلال حملة رصْد امتدت إلى أسبوعين في إبريل الماضي، حيث كانوا ينظرون إلى ثقبين أسودين، هما ساجيتاريوس إيه ستار *Sagittarius A، الذي يقع في مركز مجرة درب التبانة، والآخر الواقع في مجرة M87.

مفاجأة وارتياح

تقول أندريا جيز، عالمة الفلك بجامعة كاليفورنيا، في لوس أنجيليس، إن الصورة التي كُشِف عنها النقاب في العاشر من أبريل تقدم دليلًا واضحًا على حلقة فوتونية تحيط بالثقب الأسود، وتضيف قائلة، "لقد كنت في غاية الابتهاج".

أما دولمان فيقول: "اجتاحني شعورًا رائعًا بالارتياح لرؤية ذلك، لكنني ذُهلت أيضًا"، مضيفًا أنه توقع في هذه التجربة الأولى أنه سيرى مجرد "بقعة". وتابع قائلًا "إن رؤية هذه الحلقة ربما هي أفضل نتيجة كان يمكننا الحصول عليها".

لا تعبر درجات البرتقالي عن ألوانٍ، وإنما عن درجات الكثافة المتفاوتة للموجات الراديوية التي يصل طولها إلى 1.3 ملليمتر، والتي تطلقها بلازما تدور بشكل حلزوني في اتجاه الثقب الأسود بسرعة تقترب من سرعة الضوء.

وتظهر المادة وهي تدور في اتجاه عقارب الساعة، بيد أن مدارها لا يواجه الأرض بدقة؛ ونتيجة لذلك، فإن الضوء الذي يراه تليسكوب أفق الحدث يبدو أكثر سطوعًا من أحد الجهات، حيث تتحرك المادة في اتجاه المراقب أكثر مما تتحرك في الاتجاه الآخر، حيث تبتعد، حسبما يقول لوتشانو ريتزولا، عالم الفيزياء الفلكية النظرية في جامعة جوته بفرانكفورت في ألمانيا، وعضو فريق تليسكوب أفق الحدث.

وتؤكد عتمة الظل في المنتصف التنبؤ الرئيس لنظرية النسبية العامة بشأن الثقوب السوداء – ألا وهو وجود أفق الحدث. وعلى أي حال، ذكر المؤلفون في تقريرهم، أنه حتى الآن لا تتمتع الصورة بوضوح كافٍ لاستبعاد نظريات الجاذبية البديلة. ويمكن لمزيد من الدراسات أن تعين الباحثين على فهم كيفية إنتاج الثقب الأسود لنفثات ضخمة من المادة.

سيحول الفريق انتباهه الآن نحو بيانات ساجيتاريوس إيه ستار. ولأن كتلة هذا الثقب الأسود يبلغ واحد على ألف فقط من حجم ذلك الذي في مجرة M87، فإن المادة تدور حوله عدة مرات في جلسة المراقبة الواحدة، ما ينتج عنه إشارة سريعة التغير، حسب قول ريتزولا. وهذا يجعل البيانات أكثر تعقيدًا، ولكن أكثر ثراءً، على الأرجح.

ويخطط تعاون تليسكوب أفق الحدث مواصلة عمليات الرصد لكلا الثقبين الأسودين مرة سنويًا، بداءً من عام 2020. ■

تغطية صحفية إضافية قام بها **إيميليانو رودريجيز، وميجا ونيشا جاين.**

1. The Event Horizon Telescope Collaboration *et al.* *Astrophys. J.* **875**, L1 (2019).
2. The Event Horizon Telescope Collaboration *et al.* *Astrophys. J.* **875**, L2 (2019).
3. The Event Horizon Telescope Collaboration *et al.* *Astrophys. J.* **875**, L3 (2019).
4. The Event Horizon Telescope Collaboration *et al.* *Astrophys. J.* **875**, L4 (2019).
5. The Event Horizon Telescope Collaboration *et al.* *Astrophys. J.* **875**, L5 (2019).
6. The Event Horizon Telescope Collaboration *et al.* *Astrophys. J.* **875**, L6 (2019).

كنز من البيانات

ستة ألغاز يمكن لبيانات الثقب الأسود حلها

يمكن للفيزيائيين استخدام الكم الهائل من البيانات الذي أنتجه تليسكوب أفق الحدث للإجابة على أسئلة مطروحة منذ زمن طويل بشأن نظرية النسبية العامة.

ثلاثة أمور أكدها الفيزيائيون

- أن "ظل" الثقب الأسود – وهو المنطقة المظلمة الواقعة في منتصف الصورة - لها نفس درجة القتامة التي تنبأت بها نظرية النسبية العامة.
- أن "الحلقة الفوتونية" المتوهجة، أكثر سطوعًا في أحد الجوانب عنه في الآخر، ما يثبت أن الثقب الأسود – أو المادة التي تدور حولها، أو كلاهما - يدور في اتجاه عقارب الساعة في السماء.
- أن كتلة الثقب الأسود أكبر 6.5 مليار مرة من كتلة الشمس، ما يحسم التفاوت بين تقنيات تقييم الكتلة.

ثلاثة أمور يستطيع الفيزيائيون قياسها الآن

- ما إذا كانت الحلقة الفوتونية مستديرة أم مضغوطة، كما هو متوقع للثقوب السوداء الدوارة، وهو ما يمكن للفيزيائيون أن يعرفوا من خلاله سرعة دوران الثقب الأسود.
- ما إذا كانت هناك انحرافات طفيفة في منطقة الثقب الأسود عما تنبأت به النسبية العامة. فقد توصل الفيزيائيون بالفعل إلى أن النسبية العامة متماسكة بشكل كبير.
- استقطاب الضوء الذي استقبله تليسكوب أفق الحدث، والذي قد يساعد الفيزيائيين على فهم الآلية وراء انبعاث "نفثات" قوية من المادة من الثقب الأسود. دي. سي وإن. جي

جسر الصين إلى أفريقيا

ظهرت أفريقيا كشريك أساسي في «مبادرة الحزام والطريق الصينية»، وهو ما يعود بالنفع على العلم في القارة السمراء.

أنتوانيتا روسي



خط السكك الحديدية الرابط بين مدينتي مومباسا، ونيروبي، الذي استقى جزءًا كبيرًا من تمويلاته من أموال مُقترَضة من الصين.

IMAGE FROM PAN SIWEI/XINHUA/ADAALAMY; ADAPTED BY JASIEK KRZYSZTOFIAK

في داخل صوبة زراعية على حدود نيروبي، يَحمِل قفصٌ صغير آمالَ روبرت جيتورو، وآمال فريق من الباحثين من كينيا، والصين، إذ يمتلئ هذا القفص بعناقيد نضرة من العنب الأحمر والأخضر؛ هي من باكورة ما أنتجته أفريقيا الوسطى على الإطلاق من العنب.

هذا العنب المتنوعة أصنافه طوّرته الأكاديمية الصينية للعلوم (CAS)، وصُمم بحيث ينبت في البيئات الدافئة شبه القاحلة. وقد عكف فريق مشترك من علماء كينيين وصينيين على زراعته؛ بهدف التأسيس لصناعة النبيذ في كينيا.

وفي هذا الصدد، قال جيتورو، الذي يشغل منصب مدير مركز الأبحاث الصيني الأفريقي المشترك: "إنّ هذا الحدث جعل بعض الناس هنا يشعرون بالحماس الشديد". وجدير بالذكر أن مركز الأبحاث الصيني الأفريقي المشترك هو مُنشأة أُسِّسَت بمساعدة الأكاديمية الصينية للعلوم، وافتُتحت في نوفمبر من عام 2018 على أرض جامعة جومو كينياتا للزراعة والتكنولوجيا.

وليس العنب هو المحصول الوحيد الذي حصل عليه المركز من الأكاديمية الصينية للعلوم؛ إذ جلبت الأكاديمية كذلك سلالات من الأرز، بإمكانها أن تزيد إنتاج كينيا منه بأكثر من الثلث، وذلك على حد قول جيتورو. كما جلب الباحثون الصينيون طريقة لاستخدام الأغلفة البلاستيكية؛ للاحتفاظ برطوبة التربة في الحقول المزروعة بالذُّرة.

ومن الممكن أن تسفر نتائج هذه التجارب عن بعض التأثيرات الكبيرة في كينيا؛ فعلى غرار بقاع كثيرة من أفريقيا، تواجه كينيا نقصًا دائمًا في الغذاء. ويقول جيتورو: "الخطوة التالية هي تجربة هذه [النتائج] على نطاق واسع".

وقد أخذت الجهود الصينية المبذولة في أفريقيا تتزايد على مدى العقدين الماضيين، لكن بدأت وتيرتها تتسارع في عام 2013، حين أطلق الرئيس الصيني شي جين بينج مشروعه الطموح لتطوير بِنْية تحتية هناك، الذي صار معروفًا باسم مبادرة الحزام والطريق (BRI). وهذا المشروع، الذي تشير غالبية التقديرات إلى أنه يكلف أكثر من تريليون دولار أمريكي، يهدف إلى ربط الصين بأكثر من 130 دولة عبر شبكة من الطرق، وخطوط السكك الحديد، وخطوط للنقل البحري؛ من أجل زيادة حجم المعاملات التجارية، وزيادة النفوذ الصيني في العالم.

وحتى الآن، وقّعت 39 دولة أفريقية – إلى جانب مفوضية الاتحاد الأفريقي - على اتفاقيات التعاوُن التابعة لمبادرة الحزام والطريق، ومن المنتظر أن تحذو حذوها دول أخرى. وفي ضوء انضمام غالبية أجزاء القارة السمراء إلى المبادرة، برزت القارة كواحدة من أقوى الداعمين لها، كما صارت الصين الممول الأكبر للبِنْية التحتية الأفريقية، إذ تمول مشروعًا واحدًا من بين كل خمسة مشروعات. وكما هو الحال في الكثير من المناطق الأخرى المشارِكة في المبادرة، فإنّ لهذا تبعاته على مجالَي؛ العلم، والتعليم.

ورغم أن فكرة إنشاء المركز الصيني الأفريقي كانت قائمة قبل انطلاق مشروع مبادرة الحزام

والطريق، إلا أنه صار جزءًا أساسيًّا من الاستثمارات العلمية للمشروع في القارة. وبصفته أول المراكز البحثية القائمة بشراكة بين الأكاديمية الصينية للعلوم ودولة أفريقية، فإنه سيكون المقر الرئيس لعدد من المؤسسات الشبيهة الناشئة في أنحاء القارة، من مدغشقر إلى غينيا. وتقتضي الخطط أن تجد هذه المراكز حلولًا لحماية الحياة النباتية، والحيوانية، والتنوع الحيوي.

وتظهر المساعدات الصينية أيضًا في مجال التعليم، خاصة في حقل العلوم. فقد استضافت الصين حوالي 62 ألف طالب من طلاب الجامعات، وطلاب الدراسات العليا الأفريقيين في عام 2016، وبذلك فهي تحتل المركز الثاني بعد فرنسا فقط، التي استقبلت 103 آلاف طالب، وفقًا لأحدث الأرقام المتاحة من وزارة التعليم الصينية، ومنظمة الأمم المتحدة للتعليم، والعلوم، والثقافة. ويقول روي يانج، الذي يعمل مساعدًا لعميد التعليم الدولي بجامعة هونج كونج، إن الحكومة الصينية قد قدمت أيضًا 8470 منحة دراسية للطلاب الأفريقيين في عام 2015.

ويقول محمد حسن - رئيس الأكاديمية العالمية للعلوم (TWAS) في تريستي بإيطاليا، وعالِم الرياضيات السوداني - إن دعم الصين لطلاب الدراسات العليا، وطلاب دراسات ما بعد الدكتوراة الأفريقيين غير مسبوق.

وفي حواره مع دورية *Nature*، قال حسن: "فيما يتعلق بتدريب جيل جديد من الباحثين الأفريقيين، نجد أن [الصينيين] يبلون بلاءً رائعًا، فهم يساعدون أفريقيا بشكل أفضل من أي دولة أخرى".

أذرع مفتوحة

بداية من خطوط أنابيب النفط في السودان إلى خطوط السكك الحديدية في منطقة القرن الأفريقي، وأساطيل سفن صيد الأسماك في غانا، يظهر تأثير الصين جليًّا في جميع أنحاء أفريقيا. وفي المقابل، ترحب أفريقيا - بشغف - بالخبرات التي تكتسبها، وبالقروض الميسرة التي تحصل عليها، بينما تواجه تعدادًا سكانيًّا آخذًا في التضخم؛ إذ من المتوقع أن يتضاعف عدد سكانها بحلول عام 2050.

ويقول زينج أيبينج - نائب المدير التنفيذي لمركز التعاون الصيني الآسيوي الأفريقي في بكين - إن أفريقيا هي "الشريك الطبيعي" لمبادرة الحزام والطريق، التي تُعَد في جوهرها مشروعًا تنمويًّا.

ويضيف قائلًا: "لقد أخذ عدد متزايد من الدول الأفريقية يدرك أهمية مبادرة الحزام والطريق، ودلالتها للتنمية الأفريقية".

ويقول النقاد الغربيون للمبادرة إن الأنشطة الصينية في أفريقيا تثقل الدول الأفريقية بديون، لن يمكنها سدادها مطلقًا، بينما تسلبها المعادن، وغيرها من الموارد، لكنّ المؤيدين يقولون إن الصين جلبت خبرات لحل قضايا تنموية مهمة، وإنها تعي التحديات التي ينطوي عليها رفع مستويات المعيشة أفضل بكثير من الدول الغربية.

وفي مجال الأبحاث والتنمية، ركزت الصين جهودها على ثلاثة مناحٍ رئيسة في أفريقيا؛ هي تكنولوجيا المعلومات، والزراعة، والتعليم. وهذه كلها أهداف محورية للتنمية، وهي قطاعات ترغب الصين في زيادة حجم التبادل التجاري فيها، أو ترى فيها فوائد لشركاتها.

أما على الساحة التكنولوجية، فلا نظير لما قدمته الصين في أفريقيا؛ إذ شيدت شركة الاتصالات عن بُعْد الصينية العملاقة «هواوي» Huawei نصف شبكات الجيل الرابع في القارة، وغالبية شبكات الجيلين؛ الثاني، والثالث، كما أن اثنتين من أصل ثلاث مِن أَشْهَر العلامات التجارية للهواتف الذكية هما شركتان صينيّتان.

وعن طريق تزويد القارة بوفرة بنموذج شبكات الجيل الخامس، تأمل الصين في ضمان سوق، قوامه مليارا مستخدم لتقنيات الجيل القادم من شبكات الإنترنت؛ وهو سوق سوف يدخل في الخدمات جميعها، بداية من المنازل الذكية، وصولًا إلى الرعاية الصحية.

وأحد مشروعات مبادرة الحزام والطريق الرقمية الأكثر طموحًا هو مشروع نظام كابل «بيس» PEACE، وهو شبكة من الألياف تربط آسيا بأفريقيا، ثم بأوروبا؛ بسرعات تبلغ 16 تيرابايت في الثانية. وحسب شركة «هواوي»، القائمة بأعمال إنشاء الخط، سوف تكون أي شركة اتصالات عن بُعْد قادرة على استخدام الكابل؛ لتعزيز خدمات شبكتها المحلية.

وبالرغم من المخاوف التي تساور بعض المسؤولين الأمريكيين والأوروبيين تجاه أنشطة شركة «هواوي»، فإن مثل هذه المخاوف جرى التغاضي عنها كليًّا في أفريقيا في ظل حاجة القارة الماسة إلى الاتصال بشبكة الإنترنت. وفي هذا الصدد، يقول إريك أولاندر، المؤسس المشارك لمشروع الصين أفريقيا، وهو مصدر غير ربحي ومستقل للوسائط المتعددة في شنجهاي: "يمكن للمرء أن يتفهم لماذا غض الأفريقيون الطرف عن مناشدة الولايات المتحدة بعدم التعاون مع شركة «هواوي»، وهزوا أكتافهم بغير مبالاة، وقالوا: «حسنًا، لن يحدث هذا»".

وتحقِّق شركات الذكاء الاصطناعي (AI) الصينية تقدمًا كبيرًا في أفريقيا. ونظرًا إلى أن قوانين خصوصية البيانات في أفريقيا أقل صرامة من نظيراتها في أوروبا، وفي بعض المناطق الأخرى، فإن شركات الذكاء الاصطناعي قادرة على استغلال تقنيات المراقبة هناك. وعلى سبيل المثال.. فقد وقَّعت الشركة الصينية «كلاود ووك» Cloudwalk اتفاقية تعاوُن مع حكومة زيمبابوي؛ من أجل مشروع واسع النطاق؛ للتعرف على الوجوه. ويهدف المشروع إلى تحسين قدرة خوارزميات الذكاء الاصطناعي على التعرف على الوجوه ذات البشرة السمراء، وهو تحدٍّ تواجهه أنظمة عديدة. وفي المقابل، ستساعد شركة «كلاود ووك» الحكومة في بناء نظام مصرفي ذكي؛ من أجل دمج إدارة الشؤون المالية والتكنولوجيا معًا، وتحسين تكنولوجيا المراقبة في المطارات، ومحطات كل من السكك الحديدية، والحافلات، وذلك حسبما ورد في الموقع الإخباري الصيني «جلوبال تايمز» Global Times.

وفي مجال الزراعة، تواجه الصين مشكلة شبيهة بتلك التي يعانيها كثير من دول أفريقيا؛ ألا وهي كيفية تلبية الطلب المتزايد على الغذاء في ظل مواجهة التصحُّر الشاسع. ويقول أولاندر: "تمتلك الصين الكثير من الخبرات في إدارة الصحاري في ظل توسع صحراء «جوبي» Gobi". ويضيف قائلًا: "إن الخبرة في هذه التخصصات ليست حكرًا على الأوروبيين، أو الأمريكيين".

> «إنّ أفريقيا بمثابة نجم صاعد، غير أن الصينيين قدَّموا لها يد العون».

كما أخذت الصين في التركيز أيضًا على التعليم العالي في أفريقيا. فقد أسس مجلس اللغة الصينية، أو ما يُعرف باسم الـ«هانبان» Hanban، 59 معهدًا من المعاهد الكونفوشيوسية بالقارة؛ من أجل نشر تعليم اللغة، والثقافة الصينيتين. كما تتبوأ الصين مكانة متقدمة من حيث عدد المؤسسات الثقافية التي تمتلكها في أفريقيا؛ ولا تفوقها إلا فرنسا، التي تمتلك 115 معهدًا. كما أن دولًا أخرى من الدول الأفريقية؛ ومنها جنوب أفريقيا، وأوغندا، وكينيا، بدأت في إضافة اللغة الصينية المندرينية إلى برامج التعليم الثانوي.

ويقول الباحثون إنه لولا المساعدة الصينية، لما استطاعت دول أفريقية عديدة تحقيق ما يُنجَز من تقدُّم في مجالي؛ العلوم، والتكنولوجيا. وهذا يتجلى في سباق التطور الفضائي في القارة. فعلى سبيل المثال.. تقدِّم وكالة الفضاء الصينية 6 ملايين دولار؛ لمساعدة إثيوبيا على إطلاق أول أقمارها الصناعية في وقت لاحق من العام الحالي (2019)، ومن المزمع أن يقدم القمر الصناعي بيانات علمية عن المناخ، والظواهر المرتبطة بالطقس.

ويقول جيتورو: "إن أفريقيا بمثابة نجم صاعد، غير أن الصينيين قدَّموا لها يد العون، ولا يزالون يساعدوننا في الوصول إلى ما نتطلع إليه سريعًا".

ولا تخشى الدول الأفريقية من هجرة الكفاءات إلى الصين، بقدر ما يقلقها ذلك مع المَعاهد الغربية، التي عادة ما توظف ألمع العقول. فالمشكلة أقل وطأة في حال الصين؛ لأن الضوابط الصارمة الخاصة بتأشيرات الإقامة هناك تفرض على الطلاب الأجانب العودة إلى أوطانهم، فور الانتهاء من برامجهم الدراسية.

ويقول حسن إنه برغم أن المعاهد الصينية ليست ملزمة بمواصلة دعم العلماء الأفريقيين بعد مغادرتهم الصين، إلا أنه عادة ما يظل الخريجون الجامعيون الأفريقيون على صلة بأقرانهم الصينيين طيلة حياتهم المهنية؛ ويبحثون معًا عن مِنَح تمويل الأبحاث. وتفيد الأكاديمية العالمية للعلوم بأن غالبية الطلاب الأفريقيين الذين يدرسون في الصين عبر برامج الزمالة يبلغون بأن هذه الخبرة إيجابية. كما يحصل العديد منهم على وظائف في معاهد أفريقية بعد عودتهم.

ويقول إيمانويل أونوابونا - الباحث في علم المواد التطبيقي في جامعة ريديمر في نيجيريا - إنه لم يضطر حتى إلى الانتظار حتى مناقشة رسالة الدكتوراة خاصته بعد عودته من الصين، كي يحصل على وظيفة.

ويقول أونوابونا: "في ضوء ندرة الكوادر العلمية المؤهلة في أفريقيا، توجد وظائف شاغرة في انتظار العلماء الذين حصلوا على تدريبهم خارج القارة في مؤسسات مرموقة".

كان هذا أيضًا هو حال جيتورو، الذي أتمّ تعليمه العالي بالكامل في الصين. وبعد عدة سنوات من العمل أستاذًا بجامعة جومو كينياتا، تَمكّن من إقناع إدارة الجامعة بإنشاء مركز الأبحاث الصيني الأفريقي المشترك، بالتعاون مع حديقة ووهان النباتية التابعة للأكاديمية الصينية للعلوم.

وحسب قول جيتورو، فإن الحكومة الصينية أسهمت بـ15 مليون دولار في إنشاء المركز، وقدمت الأكاديمية الصينية للعلوم منذ تأسيسه تمويلات إضافية بقيمة 3 ملايين دولار لشراء معدّاته. كما منحته الحكومة الكينية الأرض المشيَّد عليها مجانًا، وأعفته من الضرائب المفروضة على الواردات كافة.

ويشكك بعض علماء الغرب في الدوافع الكامنة وراء مثل هذه الاستثمارات، غير أن جيتورو - الذي يضع صورة للزعيم الصيني الثوري ماو تسي تونج على مكتبه، مفتخرًا بها - يقول إن أي سلطة مسؤولة يجب عليها مد يد العون، ليس فقط لأبناء شعبها، ولكن للمجتمع العالمي كذلك، خصوصًا في مجال الدعم العلمي.

ويضيف قائلًا: "إن التحديات العالمية التي تواجه البشرية لا تعرف حقًّا الحدود". ■

أنتونايتا روسي صحفية حرة، مقيمة في مدينة نيروبي.



ميكروبات مُراوِغة تُعِيد هيكلة شجرة الحياة

تثير مجموعات غامضة من العتائق، المُسماة على اسم الإله «لوكي» وغيره من مخلوقات الأساطير الإسكندنافية، جدلاً بشأن أصل الكائنات الحية المعقدة، ومن بينها البشر.

تريسي واطسون

كل أسطورة تحتاج إلى وجود محتال بارع. وفي هذا الصدد.. لا يتفوق الكثير من المحتالين على الإله الإسكندنافي «لوكي» Loki، الذي يثير المتاعب ويهين غيره من الآلهة، ويتسم بطبيعته المراوِغة، وغموضه، ونزوعه إلى إحداث الفوضى. وبعبارة أخرى، إنه الاختيار المثالي لتسمية مجموعة من الميكروبات التي تُعِيد كتابة قصة بالغة الأهمية عن جذور الحياة المبكرة، ألا وهي «عتائق لوكي» Lokiarchaeota.

تنتمي هذه الميكروبات الجامحة إلى فئة من الكائنات الحية أحادية الخلية، تُسمى «العتائق» archaea، تشبه البكتيريا تحت المجهر، لكنها تختلف عنها في بعض الجوانب، بقدر ما يختلف البشر عنها. اكتُشفت «ميكروبات لوكي» - مثلما تُعرف أحيانًا - عن طريق تحديد تسلسل الحمض النووي لطين قاع بحر، جُمع بالقرب من جرينلاند[1]. وتدفع تلك الكائناتُ الحية، ومعها بعض الميكروبات ذات القرابة منها، علماءَ الأحياء نحو إعادة النظر في واحد من أعظم الأحداث في تاريخ الحياة على وجه الأرض، ألا وهو ظهور حقيقيات النواة، وهي مجموعة الكائنات الحية، التي تشمل جميع النباتات، والحيوانات، والفطريات، وغيرها الكثير.

قاد اكتشاف العتائق، في أواخر سبعينيات القرن الماضي، العلماءَ إلى افتراض أن شجرة الحياة قد تفرعت قبل وقت طويل إلى ثلاثة جذوع أو «نطاقات» رئيسة. وأحد تلك الجذوع أدّى إلى ظهور البكتيريا الحديثة، وأدّى الثاني إلى ظهور العتائق. أما الثالث، فقد أنتج حقيقيات النواة، لكنْ سرعان ما ثار الجدل بشأن بِنْية هذه الجذوع. ويرى نموذجٌ رائد ذو «ثلاثة نطاقات» أن كلًّا من العتائق، وحقيقيات النواة قد تفرّعت من سلف مشترك، لكنْ هناك سيناريو آخر ثنائي النطاق يميل إلى أن حقيقيات النواة قد تفرعت مباشرةً من مجموعة فرعية من العتائق.

وحول ذلك.. يقول فيل هوجنهولتز - وهو عالِم أحياء مجهرية بجامعة كوينزلاند في بريزبن بأستراليا - إنه برغم احتدام المناقشات في هذا الصدد في وقت ما، فقد اعتراها الركود في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نهاية المطاف، ثم جاءت «ميكروبات لوكي» وقريباتها لتكون بمثابة "نسمة هواء منعشة"، وأُحْيَت من جديد الحجة المؤيِّدة للشجرة ثنائية النطاق.

تحتوي العتائق المُكتشَفة حديثًا على جينات تُعتبر مميزة لحقيقيات النواة. ويشير التحليل العميق للحمض النووي لتلك الكائنات الحية إلى أن حقيقيات النواة الحديثة تنتمي إلى مجموعة العتائق نفسها. وإنْ صح ذلك، تكون جميع أشكال الحياة المعقدة في حقيقتها - بدءًا من الطحالب الخضراء إلى الحيتان الزرقاء - قد نشأت في الأصل من العتائق.

ولكن ما زال هناك علماء عديدون غير مقتنعين بذلك.. فعملية تحديد بِنْية شجرة التطور مُربكة، ومثيرة للجدل. ولم تُنشر بعد أيّ أدلة تبين إمكانية زراعة تلك الكائنات في المختبر، وهو ما يصعِّب دراستها. ولا يزال النقاش مريرًا في هذا الصدد، فعلى حد قول هوجنهولتز، فإنّ مناصِري كل رأي من الجانبين "يحملون عداوة شديدة لبعضهم بعضًا، ويعتقدون جميعهم أن رأي المعسكر الآخر ليس به شيء من الصحة"، بل يرفض بعضهم التعبير عن آرائه؛ مخافة الإساءة إلى زملائه الأقدم.

وتتمثل القضية هنا في الوصول إلى فهْم أعمق للقفزة البيولوجية التي أنتجت حقيقيات النواة، أو بعبارة أخرى، "الحدث الأكبر الذي وقع منذ نشأة الحياة"، على حد قول عالِم الأحياء التطورية باتريك كيلينج، من جامعة بريتيش كولومبيا بفانكوفر في كندا. فالتساؤل عن مصدر حقيقيات النواة "هو بمثابة أحد أكثر الأسئلة أهمية في فهْم طبيعة التعقيد البيولوجي"، حسبما يضيف. وللإجابة عن هذا السؤال، "نحتاج إلى إيجاد ردّ على السؤال التالي: مَن تجمعه قرابة بمَن؟".

«قلت لنفسي: حسنًا، كيف يمكن أن يحدث هذا؟ هل يُعْقَل أن يكون هذا جينوم عتائق حقًّا؟»

من نطاقين إلى ثلاثة نطاقات

في منظور العلماء الذين عاشوا قبل نصف قرن، كانت الكائنات الحية على الأرض منقسمة بين فئتين: حقيقيات النواة (وهي كائنات حية ذات خلايا تحتوي على بِنى داخلية مغلفة بأغشية مثل النواة)، والكائنات بدائية النواة (وهي كائنات أحادية الخلية، تفتقر عمومًا إلى الأغشية الداخلية). كانت البكتيريا هي بدائيات النواة الوحيدة التي عرف علماء الأحياء بها. وفي عام 1977، وصف عالِم الأحياء التطورية كارل ووز وزملاؤه العتائق باعتبارها شكلًا ثالثًا متمايزًا للحياة، يعود تاريخه إلى مليارات السنين[2]. وحسب تعبير ووز، فإن الكائنات الحية ينبغي تقسيمها بين ثلاثة نطاقات، بدلًا من اثنين.

لم يسلم ووز من المنتقدين، ففي ثمانينيات القرن العشرين، أشار عالِم الأحياء التطورية جيمس لايك - من جامعة كاليفورنيا في لوس أنجيليس – إلى أن حقيقيات النواة كانت في الأصل شقيقات لعتائق أطلق عليها اسم eocytes[3،4]، ويعني «الخلايا البادئة»، ومن ثم تطورت الفكرة إلى سيناريو ثنائي النطاق.

خاض لايك مع ووز حربًا ضروسًا بشأن نموذجيهما المتنافسَين، بلغت ذروتها في مشادة كلامية شهيرة، وقعت بينهما في منتصف الثمانينيات من القرن الماضي. بعدها، "أعرب ووز عن رغبته في عدم مقابلة جيمس لايك"، على حد قول عالِم الأحياء المجهرية باتريك فورتير، من معهد باستور بباريس. ولا ينكر لايك حدة الخلاف الذي كان متأججا بينهما، حيث يقول: "لقد كان جدالًا كبيرًا بالفعل، ودخل فيه قدر هائل من الاعتبارات السياسية". وقد توفي ووز في عام 2012.

أما في يومنا الحاضر، فقد صار النقاش الدائر بشأن مصدر حقيقيات النواة أكثر تعقلًا، إذ يتفق كثيرون من كلا الجانبين على أن أصل حقيقيات النواة ربما ينطوي على خطوة تُعرف باسم «التعايش الداخلي» endosymbiosis. وتنص تلك النظرية - التي دافعَتْ عنها عالمة الأحياء الراحلة لين مارجوليس - على أن خلية مضيفة بسيطة عاشت قبل زمن طويل قد ابتلعت بكتيريا بطريقة ما، وكوّنت الخلية المضيفة والبكتيريا علاقة منفعة متبادلة؛ فتطورت تلك البكتيريا الحبيسة - في نهاية المطاف - إلى الميتوكوندريا - وهي البِنى الأساسية الخلوية التي تنتج الطاقة – وشكلَتْ الخلايا الهجينة الناتجة ما يُعرَف الآن بحقيقيات النواة.

أما النقطة التي يسلك عندها كل من المعسكرين طريقًا مختلفًا، فهي طبيعة الخلية المُبتلِعة للبكتيريا. فكما يرى أنصار نموذج الثلاثة نطاقات، فإن الخلية المُبتلِعة كانت ميكروبًا سالفًا، انقرض الآن. ووفقًا لقول فورتير، فقد كانت "نموذجًا أوليًّا لحقيقيات النواة" proto-eukaryote، بمعنى أنها - حسب قوله - "ليست نسخة حديثة من العتائق، ولا من حقيقيات النواة الحديثة".

ووفقا لهذا النموذج، كانت هناك تفرعات رئيسة عديدة في مراحل التطور المبكرة. حدث التفرع الأول منذ مليارات السنين، عندما تسببت كائنات بدائية في ظهور كلٍّ من البكتيريا، ومجموعة منقرضة من الميكروبات. وتفرعت تلك المجموعة الأخيرة إلى العتائق، وإلى المجموعة التي شكلت حقيقيات النواة، غير أنه في تصوّر العالم ثنائي النطاق، تَسَبَّب كائن حيّ بدائي في ظهور البكتيريا والعتائق، وكان الكائن الحي الذي ابتلع البكتيريا المصيرية - في نهاية المطاف - من العتائق. وهذا من شأنه أن يجعل جميع حقيقيات النواة فرعًا من فروع العتائق مفرطة التطور، أو أن يجعلها «نطاقًا ثانويًّا»، على حد تسمية بعض العلماء لها.

رسائل مُختلَطة

دون وجود أرشيف للميكروبات، تكون عملية الاختيار من بين تلك الفرضيات مسألة بالغة الصعوبة. فالسجل الأحفوري لحقيقيات النواة المبكرة شحيح، ونماذجها يمكن أن تكون مبهمة. وينبغي للعلماء أن يعتمدوا، بدلاً من ذلك، على السجلات الموثقة في جينومات الكائنات الحديثة، تلك التي شابها الخلط بدورها مع مرور الزمن. يقول توم ويليامز، من جامعة بريستول في المملكة المتحدة، والمتخصص في علم الأحياء التطورية الحاسوبي: "نحن نحاول حسم حدث وقع غالبًا قبل بضعة مليارات من السنين، باستخدام بيانات تسلسل جيني حديثة". وهذه ليست مهمة سهلة.

دفعت تقنيات تحديد التسلسل الجيني الحديثة النقاش إلى المضي قدمًا. فحتى وقت قريب، كان على العلماء الذين يسعون إلى تمييز البكتيريا أو العتائق في موئل معين أن يستنبتوا الكائنات في المختبر. أما الآن، فيمكن للباحثين تقييم التنوع الميكروبي في عينة من الماء أو التربة، عبر استخراج الحمض النووي، وتحليله باستخدام أدوات الرياضيات، وهي تقنية تسمى «الدراسة الميتاجينومية» metagenomics. وفي عام 2002، عرف العلماء بوجود فئتين أو (شعبتين) من العتائق. أما اليوم، وبفضل تقنية الدراسة الميتاجينومية، فقد زاد عدد المجموعات بشكل كبير.

سارع علماء التطور بالاستفادة من هذه الوفرة المتزايدة، ووضعوا - باستخدام أحدث تقنيات النمذجة القوية - مخططًا لغابة من الأشجار التطورية، التي تقدِّم تفصيلًا للعلاقات الوراثية بين العتائق. وتُدرِج النتائج - في كثير من الحالات - حقيقيات النواة ضمن رُتب العتائق.

وفي ذلك يقول ويليامز: "في منظورنا، انحاز وزن الأدلة - في الواقع - نحو ترجيح كفة شجرة عتائق eocyte ثنائية النطاق"، لكن البعض يرى أن النقاش لا يزال يفتقر إلى البيانات الكافية.

بعد ذلك، في عام 2015، نشرت مجموعة بقيادة تايس إتيما - الذي كان وقتها عالِم أحياء مجهرية تطورية بجامعة أوبسالا في السويد - تسلسلات حمض نووي لكائنات أطلق عليها «عتائق لوكي»، عُثر عليها في رواسب استُخرجت قبل ذلك بخمس سنوات[1]. وفي غضون عامين، أعلن فريق إتيما وغيره من الباحثين عن اكتشاف ثلاث شُعَب عتائق جديدة، ذات قرابة من «عتائق لوكي»[5،6]. وسُميت مجموعة الشعب الجديدة برمّتها باسم «أسجارد» Asgard، نسبةً إلى مملكة الآلهة الإسكندنافية.

وتتميز «عتائق أسجارد» بأنها ضئيلة الحجم، وإنْ كانت عظيمة الأثر، فقد أعادت تلك العتائق إحياء النقاش من جديد حول عدد نطاقات أشكال الحياة الحقيقي. كما أنها تقدم دلائل مثيرة للاهتمام بشأن طبيعة الخلايا التي أدّت إلى ظهور أولى حقيقيات النواة، في منظور أنصار النموذج ثنائي النطاق على الأقل.

تستعصي «عتائق لوكي» وأقاربها على الوصف السهل، مثلما هو الحال مع الإله «لوكي»، الذي سُميّت على اسمه، ولكن لا شك أن هذه الكائنات من العتائق، لكنّ الجينوم الخاص بها يتضمن تشكيلة من الجينات التي تشبه بعض الجينات الموجودة في حقيقيات النواة. وعلى سبيل المثال، يحتوي الحمض النووي لميكروبات «لوكي» على تعليمات جينية للأكتينات، وهي البروتينات التي تُشكل إطارًا شبيهًا بالهيكل العظمي في الخلايا حقيقية النواة. وقد بدت جينات ميكروبات «لوكي» في موضع غريب، لدرجة أن الباحث الذي رصدها تخوَّف - في بادئ الأمر - من أن يكون التلوث قد تَسبَّب في ذلك. وتتذكر هذه التجربة أنيا سبانج - عالمة الأحياء المجهرية التطورية في المعهد الملكي الهولندي لأبحاث البحار بتيكسِل - قائلة: "قلت لنفسي: حسنًا، كيف يمكن أن يحدث هذا؟ هل يُعْقَل أن يكون هذا جينوم عتائق حقًّا؟"

دعّمت النمذجة التطورية الارتباط الوثيق بين «عتائق أسجارد»، وحقيقيات النواة. وتُدرِج أشجار التطور التي بناها فريق إتيما جميع حقيقيات النواة في مجموعة أسجارد[5،7].

ويَستخدِم العديد من الباحثين في الوقت الحالي بيانات من تلك العتائق؛ بهدف صياغة صورة أفضل لسلف حقيقيات النواة. وربما كان لدى تلك العتائق بالفعل بعض السمات المعتادة في حقيقيات النواة، قبل أن تبتلع سلف الميتوكوندريا. يقول إتيما: "من المحتمل أنّ بعض العمليات البيولوجية الغشائية البدائية للغاية كانت تجرى بها".

ووفقًا لتحليل منشور هذا العام[7]، ربما يكون سلف «عتائق أسجارد» قد تغذى على جزيئات، أساسها الكربون، مثل الأحماض الدهنية، والبوتان. ومن شأن ذلك النظام الغذائي أن يولِّد منتجات ثانوية، يمكن أن تسهم في تغذية البكتيريا المتكافلة معها. ومن الممكن أن تكون اتفاقيات مشارَكة الطعام تلك - الشائعة بين الميكروبات – قد تطورت إلى علاقة وثيقة بدرجة أكبر. فربما كانت إحدى العتائق قد اقتربت من البكتيريا المتكافلة معها إلى حد الالتصاق بها؛ لتسهيل عمليات تبادل الغذاء، وهو ما أدى - في نهاية المطاف - إلى احتضان هذه البكتيريا بالكامل.

ورغم ذلك.. لا يزال مِثْل هذه السيناريوهات يثير الشكوك. وفورتير من بين أبرز رافضي الاقتناع بها، فبعد تمحيصه للورقة البحثية عن «عتائق أسجارد»، نشر هو وزملاؤه تفنيدًا[8] مستفيضًا لها.

ILLUSTRATION BY FABIO BUONOCORE

هل المؤشرات خادعة؟

في اتهامٍ، أثار غضب إتيما، اقترح فورتير ومجموعته أن بعض تسلسلات الحمض النووي الشبيهة بتسلسلات الحمض النووي في حقيقيات النواة الموجودة عند «عتائق لوكي» قد نتج عن التلوث، إذ كَتَب فريق فورتير أن أحد بروتينات ميكروبات «لوكي»، ويُدعى «عامل الاستطالة 2» elongation factor 2، كان - في الأغلب - "ملوثًا بتسلسلات أحد حقيقيات النواة"، وإنْ كان فورتير يقول حاليًّا إنه غير متيقن من هذه النقطة.

وما زال فورتير وزملاؤه متمسكين بانتقاداتهم لأشجار أسجارد التطوّرية، وحتى الباحثون البارعون في رسم الأشجار التطوّرية يقرّون بأنه من الصعب إزالة اللبس عن الطريقة التي كانت ترتبط بها كائنات حية تعيش قبل مليارَي سنة ببعضها بعضًا. ويعيد علماء الأحياء رسم تلك العلاقات من خلال نمذجة الكيفية التي تغير بها «مؤشر» معين - عادة ما يكون بروتينًا، أو جينًا - بمرور الوقت عند الكائنات الحية موضع البحث.

وتقول مجموعة فورتير إنّ فريق إتيما قد اختار - عن غير قصد - مؤشرات مضللة لرسم شجرته. وأجرى فورتير ومجموعته تحليلهم الشجري الخاص، باستخدام اثنين من البروتينات الكبيرة كمؤشرات، لأنه من الأرجح أن تسجِّل البروتينات الكبيرة - بحكم حجمها - المعلومات المطلوبة. وكانت النتيجة شجرة ذات ثلاثة نطاقات.

من ناحية أخرى، يرى إتيما أن المؤشرَين اللذين استخدمهما فورتير غير كافيين لتتبع الأحداث التي جرت منذ أمد بعيد جدًّا. وهو انتقاد وجد صداه لدى علماء آخرين. وعندما حاول فريق إتيما تكرار نتائج فورتير، حتى باستخدام البروتينين اللذين استخدمهما فورتير، كانت النتيجة - رغم ذلك - شجرة ثنائية النطاق، حسب قوله، غير أن إتيما لم ينشر نتائجه بعد.

يُعْزِي إتيما بعض الاختلافات في النتائج بين الفريقين إلى الخلفية التخصصية؛ حيث يقول: "باتريك فورتير عالِم بارع في مجاله، لكنه في حال ميكروبات «لوكي»، قد تخطى حدود خبراته بعض الشيء". أما فورتير، فيقول إنه يتمتع ببعض المهارات في مجال علم تطور السلالات، وإن المؤلفين المشاركين معه في الدراسة يمتلكون مهارات أكثر.

ومع ذلك.. لا يرفض كل مؤيدي النموذج ثنائي النطاق أشجارَ فورتير. فعلى سبيل المثال.. يؤسس ويليامز حاليًّا تصورًا لشجرة باستخدام أحدث الأدوات التحليلية، ويُضمِّن فيها أصنافًا جديدة من العتائق. ويأمل ويليامز في أن يساعده هذا الجهد على فهم بعض نتائج فورتير.

ويحظى نموذج الشجرة ثلاثية النطاق بتأييد حليفٍ رفيع المستوى، هو عالِم الأحياء المجهرية نورمن باس، من جامعة كولورادو في بولدر، الذي كان رائدًا في ابتكار بعض المناهج التي كانت أساسية لتصنيف الميكروبات على شجرة الحياة. ويرى باس أنه على امتداد فترات زمنية شاسعة، سوف تتغير بعض المؤشرات بشكل يصعب تتبعه. ويستخدم إتيما وآخرون أساليب إحصائية؛ لتفسير ذلك التغير الخفي، لكنّ باس يرفض تلك الطرق.

يقول باس: "يزعم إتيما وزملاؤه أن بإمكانهم حساب تغيُّر غير مرئي، لكنني أعتقد أن ذلك افتراض سخيف"، لكنّ تلك الأساليب تُستخدم على نطاق واسع. ويعارض إتيما ذلك الرأي بقوله إنه يمكن للعلماء استخدام اختبارات متنوعة؛ لتحديد ما إذا كانت مثل هذه التغيرات تؤثر في بياناتهم، أم لا.

ويمتنع علماء آخرون عن إصدار الأحكام. ومن هنا، أصبحت عبارة "تغيُّر الأشجار" بمثابة لازمة متكررة. يقول كيلينج إنه "على الحياد تمامًا". ويتفق هوجنهولتز مع وجهة النظر القائلة إنّ "الأمر لا يزال قيد المداولة"، على الرغم من أن كلا العالِمَين يقولان إنهما يعتقدان أن الأدلة على النطاق الثنائي آخِذة في التزايد.

وفي أثناء انتظار سكون الجدل حول أشجار تطور هذه الميكروبات، بدأ باحثون يحولون اهتمامهم إلى خيوط أخرى من الأدلة، ربما تدعم نموذج الشجرة ثنائية النطاق، إذ تحتوي البكتيريا وحقيقيات النواة على مجموعة واحدة من الدهون في أغشيتهما الخلوية، بينما تحتوي أغشية العتائق على مجموعة مختلفة. وكان من المُعتقد أن مزيجًا من المجموعتين سيكون غير مستقر. وقد مثّل "تشعُّب الدهون" هذا نقطة حساسة لمؤيدي النموذج ثنائي النطاق، لأنه يشير ضمنيًّا إلى أنه إذا كانت حقيقيات النواة قد جاءت من العتائق، فسيتعين عليها التحول من استخدام دهون العتائق إلى إنتاج نُسَخ بكتيرية من هذه الدهون.

هذا.. ولم يَعُد تشعُّب الدهون يشكل وزنًا، مثلما كان في الماضي. ففي العام الماضي، نجح باحثون هولنديون في تصميم بكتيريا ذات أغشية خلوية تحتوي على دهون عتائق، ودهون بكتيرية، على حد سواء[9]. كما عثر علماء على بكتيريا في البحر الأسود تمتلك جينات لصناعة هذين النوعين من الدهون[10].

ومن المحتمل أن تكون ميكروبات «لوكي» قد امتلكت مثل تلك الأغشية المختلطة في أثناء مرحلة الانتقال من العتائق إلى حقيقيات النواة، مثلما تقول عالمة الأحياء المجهرية لورا فيلانويفا، من المعهد الملكي الهولندي لأبحاث البحار، وهي عضو في الفريق الذي درس بكتيريا البحر الأسود.

إنّ تحليلات «عتائق أسجارد» - بما فيها «عتائق لوكي» - تظل محدودة، حيث تقول سيمونيتا جريبالدو، عالمة الأحياء المجهرية التطورية بمعهد باستور: "المُنتظَر حقًّا هو عزل فرد من تلك السلالات". وتضيف قائلة: "نحن بحاجة إلى الإمساك بها، وإلى استزراعها".

وبعض هذه الكائنات يتميّز بعملية أيض متراخية، وبطء في التكاثر، وحسب تعبير إتيما: "ذلك بالتحديد ما لا ترغب في أن يتسم به الكائن الذي تحاول استزراعه".

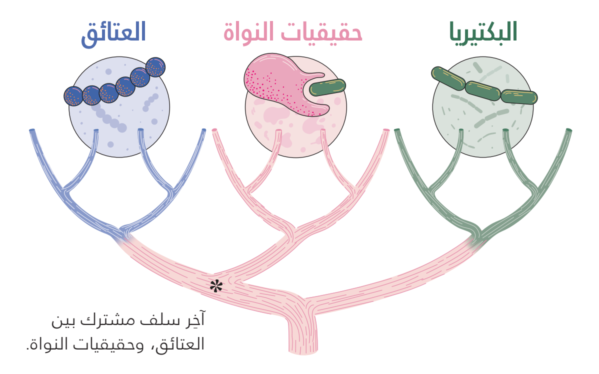
ولا يعترف سوى عدد قليل فقط من العلماء الآخرين بأنهم قد حاولوا حتى استزراع هذه الكائنات، فعالمة الأحياء المجهرية كريستا شليبر بجامعة فيينا، التي تحاول استزراع كائنات «أسجارد»، تصف هذه العملية بأنها: "أكثر المشروعات جنونًا على الإطلاق، التي تقدمتُ بطلب لتمويلها".

وبقدر ما يمكن لهذه الميكروبات أن تكون مراوِغة، فإن فريقًا واحدًا قد التقط ما أسمّاه أولى صور «كائنات أسجارد». وتُظهِر صور التُقطت لأحد أنواع هذه الكائنات خلايا مستديرة، تحتوي كل واحدة منها على حزمة مضغوطة من الحمض النووي، تُماثِل السمة المميزة لجميع حقيقيات النواة، ألا وهي النواة. إن تلك الصور "مثيرة للاهتمام"، ولكنها غير حاسمة، كما يقول عالِم الأحياء المجهرية روهيت جهاي، الذي يعمل بمركز الأحياء التابع للأكاديمية التشيكية للعلوم في تشيسكي بوديوفيتسه، وهو أحد المؤلفين المشاركين في الطبعة الأولية التي تحتوي على الصور[11].

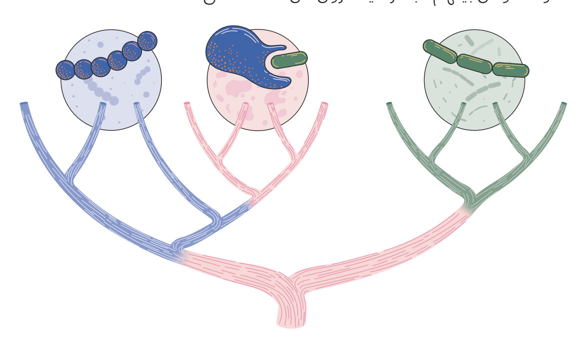
ولا تزال الصورة العامة غير واضحة. ففي الأساطير الإسكندنافية، غالبًا ما ينثر الإله «لوكي» بذور الفوضى، ثم يعيد الأمور بعد ذلك إلى نصابها الصحيح. ومع خروج «عتائق لوكي» وقريباتها إلى النور، فإن مؤيدي النموذج ثنائي النطاق يَعْقِدون الآمال عليها في تسوية النقاش طويل الأمد بشأن أصل الحياة المعقدة، لكنّ هذا قد يستغرق بعض الوقت. تقول سبانج ضاحكة: "عندما اكتشفنا «عتائق أسجارد»، كنا نظن أن ذلك سوف يقنع الجميع، لكنّ الأمر لم يَسِر كذلك". ■

نطاقات محل جدل

ابتلع كائن حي - تجمعه قرابة بالعتائق - كائنًا آخر - تجمعه قرابة بالبكتيريا الحديثة - منذ دهر بعيد، وهو ما نتج عنه ظهور حقيقيات النواة، وهي كائنات حية معقدة، تحتوي خلاياها على بِنى مغلفة بالأغشية، مثل الميتوكوندريا، لكنّ ماهية الخلايا المُبتلِعة كانت غير واضحة. ويرى نموذج النطاقات الثلاثة أن تلك الخلايا تقتسم مع العتائق سلفًا مشتركًا.



يرى مؤيدو النموذج ثنائي النطاق أن الخلية المُبتلِعة تنتمي إلى العتائق، وأن جميع حقيقيات النواة – ومن بينهم البشر - ينحدرون من تلك العتائق.



تريسي واطسون محررة قسم «أضواء على الأبحاث» Research Highlights في دورية *Nature* في العاصمة الأمريكية واشنطن.

1. Spang, A. *et al. Nature* **521**, 173–179 (2015).
2. Woese, C. R. & Fox, G .E. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **74**,5088–5090 (1977).
3. Lake, J. A., Henderson, E., Oakes, M. & Clark, M. W. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **81**, 3786–3790 (1984).
4. Lake, J. A. *Nature* **331**, 184–186 (1988).
5. Zaremba-Niedzwiedzka, K. *et al. Nature* **541**, 353–358 (2017).
6. Seitz, K. W., Lazar, C. S., Hinrichs, K.-U., Teske, A. P. & Baker, B. J. *ISME J.* **10**, 1696–1705 (2016).
7. Spang, A. *et al. Nature Microbiol.* http://doi.org/gfxrt3 (2019).
8. Da Cunha, V., Gaia, M., Gadelle, D., Nasir, A. & Forterre, P. *PLoS Genet.* **13**, e1006810 (2017).
9. Caforio, A. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **115**, 3704–3709 (2018).
10. Villanueva, L. *et al.* Preprint at bioRxiv https://doi.org/10.1101/448035 (2018).
11. Salcher, M. M. *et al.* Preprint at bioRxiv https://doi.org/10.1101/580431 (2019).





مجابهة التحيز في دراسات الجينوم

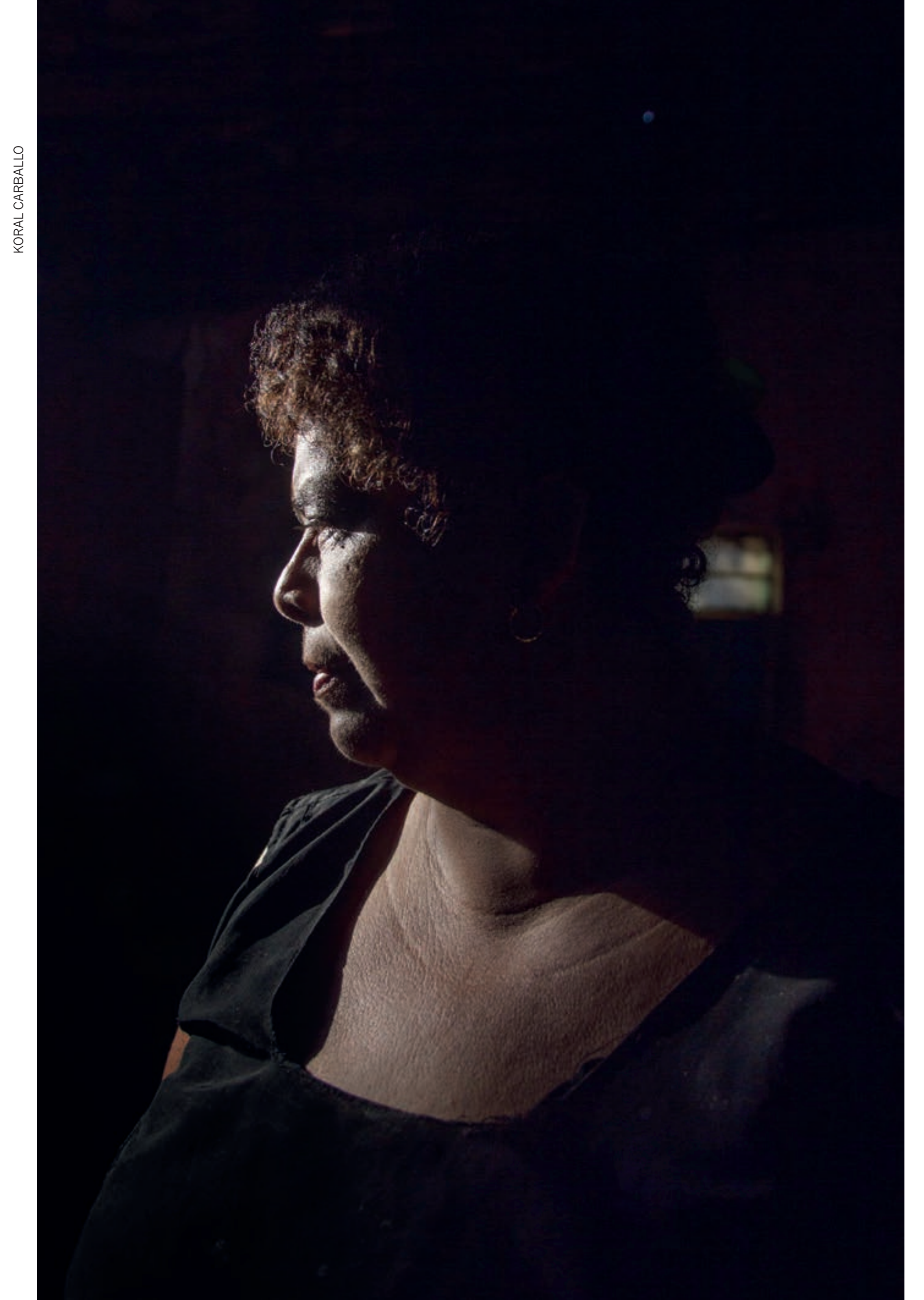
علماء من مجموعات سكانية لا تحظى بتمثيل كافٍ يتزعمون جهودًا لجعل دراسات الجينوم أكثر شمولًا؛ بالعمل مع مجتمعات تعرَّضت للإهمال أو الاستغلال.

جورجا جوليلمي

ظل نيستور رويز هيريناندز يناضل لعقود من أجل الحصول على الاعتراف بمجموعته العرقية. فقد نشأ في بلدة قُرب ساحل المحيط الهادئ بجنوب المكسيك، حيث يعزو، ومعه آخرون كُثر، أصولهم إلى أنها تنحدر من مجموعة عبيد، جُلبوا من إفريقيا عبر المحيط الأطلنطي في القرن السادس عشر. وهم يعتبرون أنفسهم مكسيكيين من أصل إفريقي، لكن الحكومة المكسيكية لا تعترف رسميًّا بهم كأقلية عرقية. وإذا تحقق هذا الاعتراف، فربما يتلقَّى أعضاء هذه المجموعة تمويلًا حكوميًّا لتنظيم برامج ثقافية، وأخرى تخصّ الصحة العامة. لكن في الوضع الراهن، يتم تجاهلهم تمامًا.

وفي عام 2015، قابل رويز هيريناندز ماريا أفيلا، عالمة الوراثيات السكانية من جامعة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


KORAL CARBALLO

عرضت صور لكريستيان وجينارو وإسيدرا (من اليسار إلى اليمين بالترتيب) ضمن مشروع تصوير فوتوغرافي يهدف للاحتفاء بثقافة المكسيكيين المنحدرين من أصل أفريقي في كويليلو بالمكسيك، وهم أحفادُ أفراد من العبيد جُلبوا من إفريقيا في القرن السادس عشر.

ستانفورد في كاليفورنيا. وأرادت أفيلا تحليل الحمض النووي لمجموعات المكسيكيين المنحدرين من أصل إفريقي في ولايات فيراكروز وجيريرو وأواخاكا؛ سعيًّا وراء تحديد مدى انتمائهم إلى الأصل الإفريقي. لكن مشروعها واجه عددًا من الصعوبات. فعندما تواصلت مع أفراد هذه المجتمعات لاحظت أن كثيرًا منهم لا يعرف القراءة أو الكتابة، وأن بعضهم لا يعتبرون أنفسهم مكسيكيين من أصل إفريقي. ومن ثَمَّ كان عليها التفكير مليًّا في طريقة عرض نتائج الدراسة عليهم.

واستعاضت أفيلا عن عرض النسب المئوية التي توضِّح مدى انتمائهم إلى الأصل الإفريقي واختارت تقديم النتائج في شكل رسومات للكروموسومات، يظهر فيها كل جزء مرمّز بلون معين وفقًا لتركيبه الوراثي، فالأخضر يشير إلى أصل إفريقي، والأحمر إلى مكسيكي أصلي، والأزرق إلى أوروبي. ويقول رويز هيرنانديز: "قرأ الباحثون النتائج لنا، وشرحوا معنى كل لون"، ثم أضاف: "اتّضح أن أمي مكسيكية من أصل إفريقي، بينما أبي ينحدر من نسل المكسيكيين الأصليين". لم يتوقع رويز هيرنانديز، الذي كان يعتبر نفسه "مكسيكيًا من أصل إفريقي بنسبة 100%" هذه النتيجة، لكنه أشار إلى رضائه عن الدراسة، وكذلك كان رد فعل آخرين من مجتمعه ممن شاركوا بها، ويصف هيرنانديز ذلك قائلًا: "لقد طرحوا أسئلة، وضحكوا، وأبدوا اهتمامًا بالنتائج".

وتعتبر أفيلا، التي تقود حاليًّا مجموعة متخصصة في أبحاث الجينوم بالجامعة الوطنية المستقلة في المكسيك بولاية كويريتارو، واحدة ضمن عدد متزايد من الباحثين الذين يُحدِثون حركات تغيير في علم الجينوم البشري. إذ قدم هؤلاء العلماء الواعدون -الذين ينتمي كثير منهم إلى مجموعات لا تحظى بتمثيل كافٍ في قواعد الحمض النووي، وفي القوة العاملة البحثية على حدٍ سواء - استشارات ومشاركات مجتمعية بالغة الأهمية لأبحاثهم الذين يجرونها مع المجموعات السكانية الأصلية وغيرها من المجموعات المهمَّشة. وهم ينشرون توصيات أخلاقية[1،2]، ويدشِّنون برامج تدريبية للسكان الأصليين، ويتصدَّرون مسيرة التعاون مع الأقليات في أبحاث الجينوم.

ويقول كيلو فوكس -عالم الجينوم وأخصائي علم الإنسان (الأنثروبولوجيا) من جامعة كاليفورنيا، في سان دييجو، وأحد سكان هاواي الأصليين- ثمة حاجة ماسة إلى ما يبذله هؤلاء العلماء من جهود، مضيفًا: "مستوى تمثيل المجموعات العرقية الأخرى حاليًّا منخفض جدًا، ويكاد يكون منعدمًا".

ليس من السهل بناء الثقة، وإرساء شراكات طويلة الأمد مع المجتمعات، وكثير من العاملين في هذا المجال لا يزالون يسعون إلى اكتشاف طريقة تُوازن بين تحقيق الأهداف العلمية، واحترام الاعتبارات الثقافية في آن واحد.

وينتاب فوكس القلق من أن بعض الأشخاص لا يزال ينظر إلى أفراد مجموعات السكان الأصليين للمجتمعات باعتبارهم فئران تجارب لا شركاء في البحث، ويصف فوكس هذا المنظور الشائن بأنه "استعماري بيولوجي". لكنه واثق من أن الجيل الجديد من باحثي الجينوم سيبلون بلاءً أفضل. فيضيف قائلًا: "يتمتع الباحثون الأصغر سنًا - على الأرجح - بحسٍ أعلى مما يُعبر عنه بلغة أهل هاواي بكلمة «*Kuleana*»، أي المسؤولية". ويقول فوكس إن بعض هؤلاء الباحثين الأصغر سنًا يطلق على هذا الاتجاه البحثي العلم "الواعي بالعنصرية والظلم".

تنوُّع غير كافٍ

على مدار الثلاثين عامًا الماضية، أحرزت دراسات الجينوم البشري تطورات مثيرة للحماس في مجال إعادة تصوُّر تاريخ السكان وتحديد الجينات التي تجعل فردًا ما عرضةً للإصابة بمرض معين. ولكن معظم دراسات الجينوم ركزت على أفراد ينحدرون من أصل أوروبي. إذ كشف تحليل نُشر في شهر مارس من العالم الحاليّ (2019)، أنه منذ عام 2018، 22% فقط من الأفراد المشاركين في دراسات الترابطات في كامل نطاق الجينوم كانوا من أصل غير أوروبي[3]. وقد مثل الأفراد المنحدرون من أصول إفريقية ولاتينية أمريكية إلى جانب الشعوب الأصلية مجتمعين معًا أقل من 4% من المشاركين (انظر «التنوع المفقود»).

وبُذلَت بعض الجهود لزيادة التنوّع في دراسات الجينوم. ففي عام 2010، أطلقتْ معاهد الصحة الوطنية (NIH) في الولايات المتحدة، بالتعاون مع صندوق «وِيلْكَم تراست» Wellcome Trust في لندن، مبادرة الوراثة والصحة البشرية في إفريقيا (H3Africa)، التي تدعم أبحاث الجينوم المدارة في القارة السمراء. وفي العام الماضي، فتحت معاهد الصحة الوطنية باب التسجيل في البرنامج البحثي المسمى «جميعنا» All of Us، والذي يستهدف جمع بيانات الحمض النووي، والبيانات المتعلقة بالصحة من مئات آلاف الأفراد المنتمين إلى أعراق مختلفة في الولايات المتحدة.

ويقول تشارلز روتيمي، النيجيري المؤسس لمبادرة الوراثة والصحة البشرية في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تنوع مفقود

كافح علماء الجينات لتمثيل التنوع البشري على نحو أفضل بدراسات الترابطات في كامل نطاق الجينوم، التي من شأنها كشف معلومات مهمة بخصوص العوامل الوراثية التي تسهم في المخاطر الصحية. ومنذ عام 2018، جُمع معظم البيانات المستخدمة في مثل تلك الدراسات من أفراد من أصل أوروبي.



*لا يساوي مجموع النسب 100% نظرًا إلى تقريب الأعداد.

أفريقيا، وأخصائي علم الوبائيات الوراثية في المعهد الوطني لأبحاث الجينوم البشري في بيثيسدا بولاية مريلاند، إن تلك البرامج تمثل "بداية جيدة جدًا". ويضيف روتيمي، الذي قاد أولى الجهود الساعية لإدراج الشعوب الإفريقية في المشروعات الجينومية واسعة النطاق في تسعينيات القرن العشرين، أنه آنذاك لم يوجد بين علماء الوراثة سوى قلة من أصل إفريقي ممن على شاكلته، ويتابع قائلًا إنه بعد مرور أكثر من عشرين عامًا "أخذنا نبلي بلاءً أفضل، لكن في وسعنا التحسن أكثر".

وتتعدّد الأسباب وراء نقص التنوع في أبحاث الجينوم. لكن من بينها ماضٍ مملوء بإساءات علماء الغرب. واشتملت قصة مشينة من هذا الماضي على باحثين من جامعة ولاية أريزونا جمعوا عينات من أفرد قبيلة «هافاسوباي» Havasupai في أريزونا في تسعينيات القرن الماضي لدراسة عن داء السكري، لكنهم استخدموا العينات لاحقًا، دون موافقة القبيلة، في دراسات عن مرض الشيزوفرينيا (فصام الشخصية)، وأنماط الاختلاط بين السكان، والهجرة. وفي عام 2010، حصلت قبيلة «هافاسوباي» على تسوية تبلغ قيمتها 700 ألف دولار أمريكي في دعوى قضائية، وأُجبرت الجامعة على إعادة جميع العينات التي جمعتها.

ودفعت المخاوف من إساءة استخدام الحمض النووي بعض المجتمعات إلى الإحجام عن المشاركة في دراسات الوراثة. كما قد يتردد العلماء في التواصل مع بعض المجموعات السكانية، حتى مع المجموعات الراغبة في المشاركة منها. وتقول جينفر راف، أخصائية علم الإنسان، وعالمة الوراثة، من جامعة كنساس في مدينة لورانس، إنه في ظل غياب تدريب رسمي على كيفية العمل مع مجموعات السكان الأصليين، أو المجموعات المهمشة الأخرى: "يشعر بعض الباحثين بالحيرة حيال ما يجب فعله، ولهذا يختارون التواصل مع مجموعة سكانية أسهل في التعامل معها".

وتحاول قلة من العلماء من السكان الأصليين، أو غير الأصليين، وضع حد لتلك الحلقة من عدم التواصل. ففي عام 2011، أطلق ريبان مالي، أخصائي علم الإنسان الجزيئي من جامعة إلينوي في إربانا-شامبين، برنامج تدريب صيفيًا للسكان الأصليين على علم الجينوم، ويعرف البرنامج اختصارًا بـ(SING). وهذا البرنامج التدريبي المنعقد سنويًّا، لمدة أسبوع، يدرسه أعضاء هيئة تدريس أغلبهم من السكان الأصليين، ويتيح لأفراد من المجتمعات الأصلية، بما في ذلك طلاب الكليات والجامعات الخاصة بالقبائل، التعرف على دراسات الجينوم، ومناقشة استخداماتها، وطرق إساءة استخدامها. وتلقت ورشة العمل في البداية تمويلًا من مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية، وجامعة إلينوي، وتدعمها الآن معاهد الصحة الوطنية.

ومنذ بدايته، درّب برنامج SING ما يزيد على 150 مشاركًا وتوسع إلى نيوزيلاندا وكندا. وواصل بعض خريجي البرنامج دراستهم ليحصلوا على درجة الدكتوراه في علم الوراثة، وليشرعوا في إنشاء مختبراتهم الخاصة. وكانت كاترينا كلاو، التي تنحدر من قبيلة «دينيه» Diné/«نافاجو» Navajo، طالبة دراسات عليا في جامعة واشنطن في سياتل عندما حضرت أول ورشة عمل عقدها البرنامج، وهي الآن باحثة في مجال الجينوم ستنضم إلى حرم أنشوتز الطبي الجامعي بجامعة كولورادو في منصب أستاذ مساعد، في شهر أغسطس من عام 2019. وقد ساعد البرنامج، على حد قول كلاو، على تشكيل حياتها المهنية. فتقول كلاو: "لم أتواجد قطّ قبلًا في مكان يضم طلاب آخرين من السكان الأصليين يبدون اهتمامًا بدراسات الجينوم".

وبعدما حصلت كلاو على درجة الدكتوراة، ظلت في جامعة واشنطن، ودرست الأسباب التي تجعل عملية أيض النيكوتين لدى السكان الأصليين من الهنود الأمريكيين، وشعب ألاسكا أسرع، مقارنة بالأفراد الذين ينحدرون من أصول عرقية أخرى. وتعاونت كلاو أيضًا مع نانيبا جاريسون، عالمة الوراثة، وأخصائية أخلاقيات علم الأحياء في مستشفى سياتل للأطفال، وواحدة من أفراد مجتمع محمية «نافاجو». وقد هدف التعاوُن إلى عقد مقابلات مع الزعماء والمختصين بالعملية التعليمية وأفراد المجتمع من الأمريكيين الأصليين لمناقشة مخاوفهم، واستطلاع اقتراحاتهم بخصوص كيفية تحسين أبحاث علم الوراثة في المجتمعات القبلية.

ولم تُنشر بعد نتيجة استطلاع الرأي هذا. ولكن جاريسون - التي تساعد أفراد مجتمع محمية «نافاجو» على تطوير لوائح تنظيمية من شأنها السماح بإجراء أبحاث جينية على أراضي القبيلة بعد حظر دام 17 عامًا - صرّحت بأن النتائج سوف تسهم في إرشاد وضع السياسة العلمية لدى القبيلة. وتضيف: "إذا شعر أفراد القبائل بتمكينهم من اتخاذ القرارات نيابة عن أنفسهم، بدلًا من الاتكال على آخرين، فربما يؤدي ذلك إلى مشاركتهم بقدر أكبر في هذه الأبحاث".

أقليات لم تختف بعد

تدرك كريستال تسوسي، باعتبارها تنتمي إلى أحد أصغر الأقليات عددًا في الولايات المتحدة، ماهية الشعور بالتجاهل، وأن "تُنكر وجهة نظرك لأن الناس يعتقدون أن الأقلية التي تنتمي إليها قد اختفت"، على حد تعبيرها. ولهذا السبب تدافع تسوسي عن أحقية أفراد السكان الأصليين في أن يكونوا شركاء متساوين في الأبحاث الجينية، بدلًا من كونهم مجرد مشاركين.

وتسوسي هي عالمة وراثة من جامعة فانديربيلت في ناشفيل، بولاية تينيسي، تنحدر أصولها من قبيلة «دينيه»/«نافاجو»، وتعمل بالتعاون مع مجموعة من هنود قبيلة «تشيبيوا» Chippewa في محمية «ترتل ماونتن» Turtle Mountain بداكوتا الشمالية من أجل استكشاف العوامل الجينية التي ربما تفسِّر سبب تعرض بعض النساء في هذا المجتمع لخطر الإصابة بمقدمات تسمم الحمل أكثر من غيرهن من النساء. إذ يسبب هذا المرض ارتفاعًا في ضغط الدم خلال الحمل، ويزيد من خطر إصابة الأم بالتشنجات، ومن خطر الولادة المبكرة.

> «مستوى تمثيل المجموعات العرقية الأخرى حاليًا منخفض جدًا، ويكاد يكون منعدمًا»

بدأت هذه الدراسة قبل 15 عامًا على يد لايل بيست، ممارس طب العائلة في محمية «ترتل ماونتن». وفي عام 2017 كان لايل يبحث عمن يستكمل دراسة مقدمات تسمم الحمل بعدما ترك المحمية. آنذاك كانت تسوسي تبحث عن مشروع لرسالتها للدكتوراة، يركز على الأمريكيين الأصليين، وهكذا "جاءت الدراسة في الوقت المناسب"، على حد قولها.

وتشرف تسوسي حاليًا على مختبر علم الوراثة في كلية ترتل ماونتن المجتمعية في بيلكورت، بداكوتا الشمالية، وتتعاون مع مجلس مراجعة الأبحاث المتعلقة بالقبيلة، الذي يتولى أعمال فحص بروتوكولات البحث، ويضمن أن القبيلة تحظى بالتمثيل المناسب في منشورات المشروع.

كذلك تحاول تسوسي إشراك نطاق أكبر من المجتمع في المشروع، بدعوة مدربي البحث مثلًا لعقد مقابلات على محطة إذاعة الراديو المحلية، وحتى الآن عمل أكثر من 40 طالبًا جامعيًا من القبائل في مشروع مقدمات تسمم الحمل،



RYAN LASH/TED

يهدف كيلو فوكس، أخصائي علم الإنسان وأحد سكان هاواي الأصليين، إلى إنشاء شبكة من المراكز البحثية تقودها مجتمعات مختلفة من الشعوب الأصلية.

حسبما تقول تسوسي.

وتشير ستايسي بلو، أحد أفراد مجتمع «ترتل ماونتن»، ومدرسة متخصصة في الموارد الطبيعية بالكلية المجتمعية إلى أن الطلاب في صف الأحياء العامة الذين تُدرّس لهم، متحمسون لمشروع مقدمات تسمم الحمل، وتضيف: "إنهم يشاهدون باحثين من أصول قبلية يشاركون في العلم ويتولون قيادة المشروعات العلمية. وهذا مشجع. إنه حدث جلل".

وعلى الرغم من كون البحث القائم على المشاركة المجتمعية مفهومًا جديدًا نسبيًّا في دراسات الجينوم، فإنه يكتسب مزيدًا من الزخم. على سبيل المثال، تعمل راف في مشروع خرج من رحم مناقشة مع شيوخ شعب «الأنوبيات» Iñupiat القاطنين في منحدر القطب الشمالي في ألاسكا.

قبل بضع سنوات من انضمام راف إلى جامعة يوتا في مدينة سولت لايك سيتي، في مرحلة زمالة ما بعد الدكتوراة، طلب أفراد من شعب الأنوبيات دعمًا من المجتمع البحثي للتنقيب الأثري عن رُفَات أسلافهم التي كانت تتجرف إلى المحيط؛ نتيجة لتآكل الساحل. وأبدى مجتمع الأنوبيات كذلك اهتمامًا بإجراء تحليل الحمض النووي لرفات الأسلاف، ولذلك بدأوا في التعاون مع دينيس أورورك، أخصائي علم الإنسان والمشرف على دراسات ما بعد الدكتوراة التي تجريها راف.

وتقول راف: "كان المشروع مدفوعًا كليًّا بجهود المجتمع المحلي". إذ نقَّب طلّاب محليّون عن رفات الأسلاف، وتشاور أفراد من القبيلة مع العلماء بشأن كيفية تنفيذ المشروع. وفي أثناء تلك المناقشات، طلب أحد الشيوخ من راف تحليل الحمض النووي لأفراد مجتمع الأنوبيات الحاليين أيضًا. واستجابةً لهذا الطلب طوّرت راف وزملاؤها مشروعًا آخر قارنوا فيه الحمض النووي من أسلاف شعب الأنوبيات مع الحمض النووي لأفراد المجتمع المعاصرين؛ سعيًّا لدراسة التاريخ[4] الجيني لجماعة الأنوبيات.

في ذلك، تقول راف: "المهم هو تقصّي أوجه إفادة المجتمعات واكتشافها، ثم تضمين تلك الأوجه بوضوح في مشروعك البحثي".

ويتبع مالي نهجًا مماثلًا. فحالما يعقد شراكةً جديدة، يتعاون مع قادة المجتمع لإبرام اتفاقية مكتوبة توضح بالتفصيل توقعات أفراد المجتمع والباحثين على حد سواء. فيقول مالي: "ما إن تتوفر لدينا هذه الاتفاقية، نكون قد أنجزنا خطوة هائلة لأننا أصبحنا نعلم ما يتوقعه كل طرف من الآخر".

لكن لا تخلو المهمة من التحديات. فيقول مالي إن أهم تحدٍ هو الوقت؛ فبمجرد أن يتوصل الباحثون إلى نتيجة، لا يسعهم نشرها فورًا. بل عليهم الرجوع إلى المشاركين، وسماع آرائهم. ويصف مالي ذلك قائلًا: "يتعين علينا التأكد من أننا لن نعلن عن نتائج قد تُلحق ضررًا بالمجتمع". وقد تستغرق تلك العملية التكرارية عدة سنوات، وأحيانًا يقرر قادة المجتمع أنهم يرغبون في أخذ فترة راحة من المشاركة في البحث. ويقول مالي إن أحد مشروعاته تعطل لأكثر من ست سنوات. ومن الصعب مواءمة وضع كذلك مع منح التمويل البحثية التي تُمنح لفترة زمنية محدودة فقط. ويتابع: "المنظومة القائمة ليست مهيَّأة للأبحاث المرتكزة على المجتمع".

وتقول ديبتي جورداساني، أخصائية الأوبئة الوراثية في معهد ويلكم سانجر في هنكستون، بالمملكة المتحدة، إنه لا بدّ أيضًا أن يتوخى علماء الجينوم الحذر عند نقل النتائج المتعلقة بالقضايا الحساسة؛ مثل الهجرة واختلاط الشعوب.

وتشارك جورداساني كجزء من دراسات ما بعد الدكتوراة مع عالم الوراثيات السكانية مانجندير ساندو في عدة مشروعات بحثية، تغطي المناطق التي مزقتها الحروب الأهلية الحديثة في أفريقيا. وتجنبًا لتعزيز العنف، تجري المجموعة البحثية محادثات مطوَّلة مع زعماء المجتمع المحلي، لفهم وجهة نظرهم قبل إبلاغهم بالنتائج المتعلقة بتاريخ السكان. وتقول جورداساني: "إننا نُشرك كذلك باحثين جامعيين محليين، وعاملين ميدانيين، فهم يدركون جيدًا القضايا المحلية الحساسة".

ويقول جايمز سوزمان، أخصائي علم الإنسان الاجتماعي في كامبريدج بالمملكة المتحدة، والذي يرأس مؤسسة استشارية تقدم نصائح وتوصيات إلى الشركات والحكومات بشأن تأثيرات برامجها في المجتمعات في جنوب قارة أفريقيا، إنه

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

حتى عند موافقة المجموعات السكانية على المشاركة في البحث، لا يزال يتعيَّن على العلماء الحصول على موافقة الأفراد أنفسهم.

وفي عام 2016 قام سوزمان، الذي عمل مع مجتمعات الـ«سان» San في أفريقيا الجنوبية على مدار 30 عامًا، بعقد ورشة عمل موجهة لمجموعتين بعينهما، لتطوير عملية قياسية لحيازة الموافقة على المشاركات البحثية. وبعد يومين من المناقشات الدائرة عن أبحاث الجينوم، أخبر زعماء المجتمع المحلي سوزمان أنهم لا يفهمون علم الوراثة، ويفضّلون تفويض فرد ذي ثقة ليتفاوض بشأن مسألة المشاركة في الدراسة نيابةً عنهم. ويقول سوزمان إن تخيّل الحمض النووي أو الخلايا قد يكون بالغ الصعوبة "إذا لم تتح لك رؤيتهما عبر المجهر، أو لم تتطلع على صورة لهما معروضة في كتاب مدرسيّ". ويقول إن الدرس المستفاد هو أن الحصول على موافقة حقيقية "مهمة تفوق كثيرًا في صعوبتها ما يتخيله معظم ممولي هذا النوع من الأبحاث".

الخروج بتنوُّع متناغم

تسافر ماناسا راجافان، عالمة الوراثة البشرية من جامعة شيكاغو في ولاية إلينوي، إلى الهند مرة كل بضعة أشهر من أجل عقد مناقشات عامة بشأن أبحاث الجينوم. وهناك ينضم إليها نيراج راي، الباحث من معهد بيربال ساهني لعلوم التاريخ الجيولوجي في لكناو، والذي أسس عام 2017 أول مختبر في الهند لدراسة الحمض النووي القديم. وأحد الأسئلة التي غالبًا ما تطرح عليهما تتعلق بأوجه الاختلاف بين المجموعات السكانية المتباينة من الناحية الوراثية، وهو "سؤال مشروع تمامًا"، على حد قول راجافان، كما أنه أحد الأسئلة التي دفعتها إلى دراسة علم الجينوم السكاني.

«المنظومة القائمة ليست مهيَّأة للأبحاث المرتكزة على المجتمع»

تتميز المجموعات السكانية الهندية باختلاط جيني كبير. ويقول راي: "لدينا هنا قدر كبير من التنوع". لكن يظل توقيت حدوث هذا الاختلاط وكيفيته، مجهولين. ويأمل راي وراجافان في أن يساعدهما الجمع بين قواعد البيانات الجينية القديمة والحديثة في الهند على التوصل إلى فهم أفضل بخصوص كيفية نشأة بعض المجموعات السكانية بجنوب آسيا. وعقب التواصل مع زعماء من مجتمعات ريفية وحضرية في أنحاء الهند، التقى الثنائي معهم لمناقشة المشروعات البحثية، ومعرفة الأسئلة التي يتوق السكان المحليون إلى الحصول على إجاباتها. وتقول راجافان: "كثير من الناس مهتمون بمعرفة الأصل الذي انحدروا منه، ومعرفة هوية أسلافهم".

وأحد المجتمعات التي يتعاون معها راي وراجافان مجموعة من السكان يتحدثون اللغة التيلوجوية، ويعيشون في قرية صغيرة قرب مدينة جونتور، بولاية أندرا براديش. ويقول صادوق ياكوبي، الزعيم الروحي للمجموعة، إن هناك 50 عائلة تقريبًا في هذه القرية تعتنق الديانة اليهودية، ومعظمهم يجيدون القراءة والكتابة باللغة العبرية. ويضيف ياكوبي أن أفراد هذا المجتمع ينحدرون من سِبط «إفرايم» Ephraim، وهو واحد من الأسباط الإسرائيلية العشرة المفقودة. ويأمل في أن يساعدهم تحليل الحمض النووي لأفراد القرية على الاعتراف بكونهم يهودًا. ويقول ياكوبي إنه في الوقت الحاليّ يتوق 200 شخص تقريبًا ممن قدّموا عينات الدم للفريق إلى معرفة معلومات عن أسلافهم.

وبالإضافة إلى الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بالتاريخ الوراثي، في وسع الأبحاث المعنية بتاريخ السكان تزويد الدراسات بمعلومات عن بعض المشكلات الصحية. ففي عام 2009، تعاونت أخصائية الأوبئة الوراثية مارلو مولر وزملاؤها من جامعة ستيلينبوش بجنوب إفريقيا مع برينا هين، عالمة الوراثيات السكانية التي كانت تعمل وقتها في جامعة ستانفورد، وتدرس جينومات مجموعة من الأفراد من جنوب قارة أفريقيا ينحدرون من نسل قبائل الـ«خويسان» KhoeSan. وأمل الباحثون في معرفة سبب كون المنحدرين من هذا الأصل أكثر عرضة للإصابة بالدرن، مقارنة بمجموعات أخرى[5].

ومنذ ذلك الحين عقدت هين، والباحثون المتعاونون معها، شراكة مع عشر عيادات ريفية في مقاطعة كيب الشمالية بجنوب إفريقيا، حيث يُسأل المرضى الوافدون عمّا إذا كانوا يرغبون في المشاركة في المشروع البحثي، أم لا.

وعقب ما يقرب من عقدين من العمل في جنوب قارة أفريقيا، تصرّح هين، التي تعمل الآن بجامعة كاليفورنيا، بمدينة ديفيز، أنه لا يزال ينتابها القلق "حيال الكثير من الأمور"، بدءًا من تمثيل المجتمعات تمثيلًا صحيحًا في المنشورات، مرورًا بحماية خصوصية المشاركين، وصولًا إلى الحرص على أن تكون المشاركة تطوعية.

ويحاول الباحثون والأفراد من مجتمعات السكان الأصليين، تقديم يد العون لمن يكافحون تلك المشكلات. إذ أصدرت مجموعات في أفريقيا ونيوزيلندا إرشادات توجيهية على مدار السنوات القليلة الماضية، تدعو إلى مراعاة الشمولية والإنصاف في أبحاث الجينوم[6]، وطوَّر زعماء ثلاث مجموعات من مجتمعات الـ«سان» في جنوب إفريقيا مدوَّنتهم الخاصة لقواعد أخلاقيات البحث. وفي العام الماضي، نشر أعضاء من ائتلاف برنامج SING التدريبي توصيات خاصة بإجراء الأبحاث الجينية على مجموعات السكان الأصليين[2]. لكن ممولي الأبحاث وجهات النشر ومعظم الحكومات لا يشترطون وجود متطلبات موحدة يجب على العلماء الذين يُجرون أبحاثًا على السكان الأصليين الانصياع لها. وفي هذا الصدد، تُعلق سارة تيشكوف - عالمة الوراثة البشرية في جامعة بنسلفانيا بفيلادلفيا، والتي لعبت دورًا رياديًا في جهود التعاون مع سكان أفريقيا في دراسات الجينوم بتسعينيات القرن الماضي- قائلةً: "سيكون من الرائع جدًا أن يكون لدينا مجموعة موحَّدة من الإرشادات التوجيهية التي تناسب جميع المجموعات السكانية، لكن ليست كل المجموعات متشابهة"، وتضيف: "إن التوصل إلى 'قاعدة واحدة مشتركة تناسب الكل' مهمة بالغة الصعوبة".

ولا تعي جهات نشر الدوريات أحيانًا القضايا الحسَّاسة المرتبطة بنشر بعض البيانات. ومن ثم يصبح منوطًا بها المسؤولون عن مراجعة الأبحاث. ويعلّق فوكس على هذا قائلًا: "أتمنى أن أرى نسخًا متعددة من استمارات الموافقة والخصوصية، واحدة بلغة المجتمع المحلية، والأخرى بالإنجليزية".

ويضيف فوكس قائلًا: "إنه من الضروري أن تنتشر منافع الأبحاث الوراثية إلى المشاركين في الدراسات". ويتابع: "إذا طُوِر دواء علاجي ما اعتمادًا على متغير جيني معين مكتَشف في مجتمع محلي، فينبغي أن تُرصد الأموال العائدة من ذلك لتطوير العيادات والبرامج التعليمية والمستشفيات والمكتبات في ذلك المجتمع".

ويقول فوكس إن تأسيس بنية تحتية بحثية في أراضي الشعوب الأصلية من شأنه أيضًا "إزالة غموض" التقنيات الوراثية، وإرساء شفافية للمشروعات البحثية. لهذا السبب يجمع فوكس حاليًّا تبرعات، لإنشاء معهد بحثي مستقل للأبحاث الوراثية المرتكزة في مجتمعات الشعوب الأصلية. ويأمل فوكس في أن يصبح مشروعه - مع الوقت - شبكة تضم مراكز بحثية في مجتمعات شعوب أصلية مختلفة، وتشمل بنوكًا حيوية مستقلة، ونظم عنقودية حاسوبية، وبرامج للزمالة. فيقول: "نسعى إلى الاتجاه لنسق تتولى فيه الشعوب الأصلية زمام القيادة بنسبة 100%".

وتشعر أفيلا، على غرار الكثير من زملائها المعاصرين، بحس من المسؤولية. فتشير إلى أن أحد أهدافها هو إيلاء مزيد من الاهتمام بالمكسيكيين المنحدرين من أصل أفريقي، ويقول هيلاديو ريياس كروز، منسّق منظمة غير ربحية تدعم تطوير الحوار والمجتمع في سانتا روزا دي ليما، بولاية آواخاكا، إن تعداد سكان المكسيك لم يدرج العرق «الأسود» من بين الخيارات العرقية حتى عام 2015. ويضيف: "يفيد البحث العلمي في تسليط الضوء على هذه المشكلات، لأنه يمكّن الأكاديميين من نشر أبحاثهم والظهور في وسائل الإعلام، وهو شيء يناضل الزعماء المحليون عادةً لتحقيقه".

وتقول أفيلا أنها تواصلت مع مستشارين للحكومة المكسيكية أبدوا اهتمامًا بمعرفة المزيد عن المكسيكيين المنحدرين من أصل أفريقي. وتأمل في أن يساعد بحثها على الاعتراف بهذا العرق. وتضيف من منطلق دورها كعالمة: "أرى بالفعل فرصة لتحقيق إنجاز أفضل من الماضي". ■

جورجا جوليلمي: صحفية علمية حرة في كامبريدج، ماساتشوستس.

1. Bardill, J. *et al. Science* **360**, 384–385 (2018).
2. Claw, K. G. *et al. Nature Commun.* **9**, 2957 (2018).
3. Sirugo, G., Williams, S. M. & Tishkoff, S. A. *Cell* **177**, 26–31 (2019).
4. Raff, J. A., Rzhetskaya, M., Tackney, J. & Hayes, M. G. *Am. J. Phys. Anthropol.* **157**, 603–614 (2015).
5. Uren, C., Möller, M., van Helden, P. D., Henn, B. M. & Hoal, E. G. *Mol. Genet. Genom.* **292**, 499–509 (2017).
6. Yakubu, A. *et al. AAS Open Res.* **1**, 13 (2018).



ASHRAF MOHAMMAD MOHAMMAD ALAMRA/REUTERS

الألواح الشمسية تزين الصحراء في دبي.

كيف سيعيد التحول في مجال الطاقة تشكيل الواقع الجيوسياسي

يحذِّر **أندرياس جولدثاو، وكريستِن ويستفال** وزملاؤهما من أن المسارات إلى اقتصاد منخفض الكربون ستخلق منافسات، وسينتج عنها فائزون وخاسرون.

تُعَد الطاقة أساس كثير من المنازعات السياسية. إنّ كلًّا من عزم الرئيس دونالد ترامب على سَحْب الولايات المتحدة من اتفاقية باريس للمناخ في عام 2020، وكذلك سياسات الاتحاد الأوروبي المقيِّدة لاستيراد الخلايا الكهروضوئية الصينية، والعداء السياسي تجاه الإضرابات المدرسية للاحتجاج على التخاذل المتعلق بالتغير المناخي، يُعتبر رد فعل لمحاولات نقل العالَم تجاه اقتصاد منخفض الكربون.

يمكن أن تبدو منافع الطاقة النظيفة المستقبلية بعيدة المنال، حينما تقارَن بكفة العائد المادي أو الأصوات الانتخابية في الوقت الحالي. وعلى الرغم من أن تأثيرات التغير المناخي بدأت تتجلى بشكل متزايد في الأعاصير المدمرة، وموجات الحرارة، والفيضانات، يريد السياسيون حماية فرص العمل المحلية والصناعات القائمة، مثل الفحم، والتصنيع. كما أن الأصوات الانتخابية تحرِّكها قضايا بعينها، مثل المساواة، والرعاية الصحية، والأمن القومي.

وهذا الطريق المليء بالصعاب ليس مفاجئًا. فعلى مدى التاريخ، كانت غالبية النقلات الكبرى تَحْدُث بطرق غير متوقعة. على سبيل المثال، صعود سلم الطاقة، بدءًا من الخشب إلى الفحم، في الفترة ما بين القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، مَكّن من حدوث التحول الصناعي، لكنه تَسبَّب كذلك في حرمان قطاعات ضخمة من الطبقة العاملة من حقوقها، وهو ما دفع كارل ماركس، وفريدريش إنجلز إلى كتابة «البيان ◄

الشيوعي» The Communist Manifesto، كذلك فإن الانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة من شأنه أن يثير اضطرابات. ومع ذلك، فإن الآثار الجيوسياسية - في معظمها - لم تُدْرَس بعد.

أبرزت منظمات الطاقة الدولية بعض القضايا في هذا الصدد. وقد خلص تقرير صادر عن الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، نُشر في وقت سابق من هذا العام[1]، إلى أن مُصدِّري النفط قد يفقدون نفوذهم على المستوى الدولي، بينما سيصبح المستوردون في موضع قوة. وتحذِّر الوكالة الدولية للطاقة[2] من احتمال أنْ تَفقِد النُّظم الاقتصادية التي تنتج النفط والغاز سبعة تريليونات دولار أمريكي بحلول عام 2040، وأنْ تنشأ مشاحناتٍ استراتيجية أوسع.

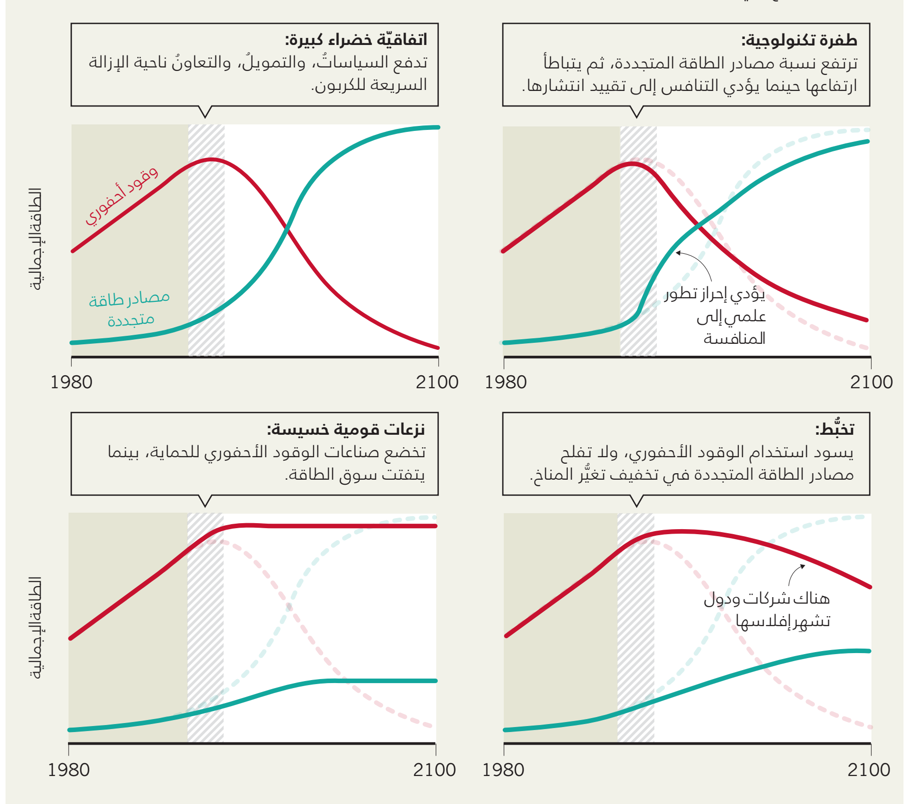
وتتنافس الصين والولايات المتحدة، بوصفهما رائدتين في مجال الصناعة، بأسواقهما الضخمة، من أجل الهيمنة على قطاع التكنولوجيا النظيفة. وقد تحلّ علاقات وتحالفات جديدة، مثل منظمة التنمية والتعاون للربط العالمي للطاقة (وهي منصة للشركات والمشروعات) محل اتحادات قديمة تديرها الدول، مثل منظمة الدول المُصدِّرة للبترول، المعروفة بالأوبك (OPEC). وسوف تكون أيضًا للمنافسة حول استخدام الأرض لإنتاج الطاقة تبعات على الأمن الغذائي والمائي، والهجرة في الدول النامية. وتدخل الطاقة في نسيج استثمارات البِنْية التحتية، والعلاقات التي تكوِّن «مبادرة الحزام والطريق» الصينية Belt and Road Initiative.

ونطرح هنا أربعة سيناريوهات جيوسياسية، لتوضيح مدى تنوع أشكال هذه النقلة بحلول عام 2030 (انظر: «أربعة سيناريوهات مستقبلية»). فعلى مدار العقد القادم، سوف تلعب خيارات الدول في سياساتها دورًا حاسمًا في تقليل الصراعات، وتحقيق أقصى قدر من المساواة. وينبغي للباحثين وصانعي القرار أن يوسعوا بؤرة تركيزهم؛ لدراسة الآثار المترتبة على المسارات البديلة لإزالة الكربون، وهي قضايا يتجاوز مداها التكنولوجيا بكثير. وسوف يحتاج تمهيد الطريق لهذه النقلة إلى تعاوُن وتمويلات سخية، واتفاقيات عديدة الأطراف.

سيناريوهات مستقبلية بديلة

اضطلعت مجموعة من الباحثين في مجال الطاقة الدولية والسياسة الخارجية الدولية باستكشاف هذه المسارات الأربعة في ورشتَي عمل اشتركنا جميعًا فيهما. وناقش المشاركون محركات التحول العالمي في حقل الطاقة، واتجاهاته، ووتيرته. وعُقدت هذه اللقاءات في برلين في عام 2018 بالمعهد الألماني للشؤون الدولية والأمنية SWP، ودعا إلى انعقادها «مشروع الجغرافيا السياسية للتحول في مجال الطاقة 2030» GET 2030، وذلك بالتوازي مع صدور تقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، وبتمويل من وزارة الخارجية الألمانية.

1- صفقة خضراء كبيرة: يَفترِض هذا السيناريو تعاوناً كاملاً؛ فالإجماع العالمي على العمل في مواجهة تغيُّر المناخ يؤدي إلى تحرُّك السياسة الدولية بشكل منسَّق، فدول مجموعة العشرين (G20) تؤسس صندوقًا سخيًّا باسم «صندوق المناخ الأخضر» Green Climate Fund، بتكلفة تربو بكثير على هدف الـ100 مليار دولار سنويًّا، الذي وُضع في اتفاقية باريس للمناخ. وتبيع الأسواق المالية الأصول القائمة على الوقود الأحفوري، وتعيد



أربعة سيناريوهات مستقبلية

ستحدد الجغرافيا السياسية في العقد القادم (المناطق الممثَّلة بخطوط متقطعة) ما إذا كانت وتيرة تبنِّي الطاقة المشتقة من مصادر متجددة سوف تتفوق على وتيرة تبنِّي الطاقة المشتقة من الوقود الأحفوري، أم لا، وبأي سرعة سيحدث ذلك، كما هو موضح في هذه السيناريوهات الأربعة.

تخصيص رأس المال للشركات منخفضة الكربون. وسوف تهيمن شركات التكنولوجيا الخضراء على قائمة فورتشن 500 (Fortune 500) بحلول عام 2030.

كما تتيح موجة العولمة الخضراء - التي تنص عليها أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة (SDGs)- لجميع الدول الاشتراك في التمتع بمكاسب إزالة الكربون. ويجري تعويض الدول القائم اقتصادها على النفط؛ من أجل التحول السلس إلى اقتصاد مستدام، لتفادي المحاولة الأخيرة لإغراق العالم بالنفط والغاز الرخيصين. وسوف تكون النتيجة مكسبًا لجميع الأطراف فيما يتعلق بالمناخ، والأمان، إلى جانب انخفاض الاحتقان الجغرافي السياسي.

2- طفرة تكنولوجية: يقود التطور التكنولوجي الكبير العالَم إلى مسار مختلف، حيث يؤدي تغيير أساسي - على سبيل المثال - في تخزين الطاقة إلى جعل دمج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في شبكات الطاقة أيسر وأرخص تكلفة. وتأخذ الولايات المتحدة والصين بزمام المبادرة في توسيع نطاق تَبَنِّي التقنيات، نظرًا إلى أسواقهما الضخمة، والبيئات التشريعية الملائمة للتقنيات وعمالقة الصناعة، مثل جوجل (GOOGLE)، وشركة الشبكة الحكومية للصين (State Grid Corporation of China)، لكن التنافس بين الدول سوف يتصاعد كذلك، إذ سوف ينقسم العالم إلى معسكرين في حرب باردة للتقنيات النظيفة، تملك فيها البلدان الرائدة في مجال التكنولوجيا القوة. أما الدول الأخرى، فسوف تنجذب نحو إحدى هذه الدول الرائدة، معزِّزة تكوُّن التكتلات الإقليمية، والتنافس المتزايد.

وتسعى هذه التكتلات للتحكم في المواد المطلوبة، مثل المعادن الأرضية النادرة، والكوبالت، والليثيوم. وقد تلجأ أيضًا إلى منع الدول التي تقع خارج مجموعتها من الوصول إلى التقنيات.

يساعد سباق مصادر الطاقة المتجددة على تخفيف تغير المناخ، واستبدال أنواع الوقود الأحفوري سريعًا، لكنْ هناك مناطق تخسر في هذا السباق. فعلى سبيل المثال، تأتي أوروبا متأخرة عن الصين والولايات المتحدة، لأن سوقها الموحدة لا تزال أقل تكاملًا. وقد تتحالف روسيا مع الصين. ويُمنع نهائيًّا بعض الدول النامية من اكتساب المعرفة الفنية المتقدمة الخاصة بالطاقة، وهو ما يهدد بعدم تحقُّق أهداف التنمية المستدامة.

ويتعين على منتجي الوقود الأحفوري التكيف سريعًا مع انخفاض الطلب على هذا الوقود، وبعضهم لا يمكنه تدبُّر ذلك؛ فتكون النتيجة تصاعُد التوترات السياسية في جنوب الصحراء الأفريقية، والشرق الأوسط، ووسط آسيا.

3- نزعات قومية خسيسة: تأتي الانتخابات بالشعبويين إلى الحكم في أكبر ديموقراطيات العالم، وتتزايد النزعات القومية. وتحدد السياسات التي تعطي الأولوية للوطن الاكتفاء الذاتي، باعتباره هدفًا شديد الأهمية، مُفضِّلة مصادر الطاقة المحلية على المستوردة. ويدفع هذا في اتجاه نمو صناعة الوقود الأحفوري، بما في ذلك إنتاج الفحم، والطَّفل الصفحي، بالإضافة إلى مصادر الطاقة المتجددة.

تحيط الدول صناعاتها بسياج منيع، ويعود منطق الصراعات الصفرية، بمعنى أن مكسب دولة هو خسارة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

لأخرى. وينقلب الرأي العام على مستثمري الطاقة الأجانب، وتتفتت أسواق الطاقة في وجه نزعة حمائية، وهو ما يُقيّد الاقتصادات كبيرة الحجم، ويؤدي إلى إبطاء التقدم نحو إزالة الكربون، فيهرع مصدِّرو الوقود الأحفوري إلى إنتاج أكبر قدر ممكن، بالرغم من انخفاض الأسعار والقيود على التجارة.

وتؤدي صراعات القوى إلى تهميش الأمم المتحدة، وتقويض المؤسسات متعددة الأطراف، مثل اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي (UNFCCC). كما يدب الخلاف بين دول الاتحاد الأوروبي، مما يُضعِف السياسات المشتركة. ويدمر هذا اتفاقية باريس للمناخ، وآلية الخفض التطوعي للانبعاثات التي تقوم عليها. وما لم يَجْرِ تخفيف حدة تغير المناخ، فإن أسعار الغذاء سترتفع؛ نتيجة الجفاف، وكذلك سترتفع التعريفات الجمركية. وفي الوقت الذي يفاقم فيه التغيّر المناخي الضغوط ويضاعف المخاطر، يدب القتال بين الدول من أجل الماء والموارد المشتركة.

4- تخبط: تؤدي التجارة – كالمعتاد - إلى تكوّن مزيج من اتحادات الطاقة، بتعاوُن بسيط. ومع استمرار الانخفاض في تكاليف وحدات الطاقة المتجددة، تحصد هذه الطاقة حصة متزايدة في تنوع مصادر الطاقة بحلول عام 2030، لكنْ تظل الغلبة لأنواع الوقود الأحفوري. إن سرعة هذه النقلة في مجال الطاقة أبطأ من أن تخفف حدة تغير المناخ، لكنها أسرع من قدرة صناعة الوقود الأحفوري على التكيف.

ويتعرض بعض شركات النفط الوطنية للإفلاس، وتندمج شركات أخرى مع بعضها بعضًا؛ لتشكل حفنة من عمالقة الطاقة العالمية. وتتركز عمليات التصدير في عدد أقل من البلاد والشركات، التي تكون أقرب إلى التنافس منها إلى التعاون. كما يصبح تصدير الوقود الأحفوري عملاً محفوفًا بالمخاطر، حيث تتعثر الإيرادات، وتنهار منظمة الأوبك. وسوف تشهد الدول المنتجة للنفط في الشرق الأوسط وروسيا وأفريقيا اضطرابات سياسية حينما تفرغ خزائن الحكومات.

تتبع الدول استراتيجيات طاقة متنوعة، بدافع يحركه تحقيق أمن الطاقة، وبالقدر نفسه تغير المناخ، حيث تحرص الصين على تحسين جودة الهواء، والماء، وخلق «مؤسسات وطنية رائدة» في المجال. أما أوروبا، فمهتمة أكثر بتغير المناخ، وتَبَنِّي شراكات ثنائية مع مَن يوافقونها في التوجه، ومع الدول النامية. أما الولايات المتحدة، فتقف موقف المتفرج.

وتتعزز أوجه عدم التوازن في الاقتصاد والجغرافيا السياسية (كما في علاقات الشمال والجنوب الدولية، على سبيل المثال)، كما يتزايد ضعف المساواة في مجال الطاقة، لأن هناك مناطق تملك تشريعات غير كافية، أو تخفق في الاستفادة من هذه الشراكات، وهو ما يقوّض تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

الدروس المستفادة

ما الدروس التي يمكن استخلاصها من هذه السيناريوهات؟

أولًا، تكاليف التقنيات الآخذة في الانخفاض - وهي النقطة التي ينصبّ عليها تركيز المناقشات الحالية – لن تؤدي بذاتها إلى عالَم منخفض الكربون، إذ ستكون السياسات عنصرًا جوهريًّا في النجاح أو الفشل. ويقترح بعض الاقتصاديين فرض ضريبة عالمية على إنتاج الكربون، باعتبارها حلًّا سحريًّا، لكن وتيرة هذا التحول، ومداه، واتجاهه، كلها أمور ستعتمد على الاقتصادات السياسية المحلية، والتشريعات، وفرص الحصول على التمويلات، والتقنيات النظيفة. وتشمل العوامل الحاسمة في هذا الصدد: مدى قدرة جماعات الضغط المؤثرة والمُناصِرة للوقود الأحفوري على مقاومة التغيير، وما إذا كانت البيئات التشريعية القائمة تعرقل تطوير مصادر الطاقة المتجددة، أم لا؛ وكذلك ما إذا كانت الخبرات الفنية المتعلقة بخفض الكربون ستشق طريقها من شمال العالم إلى جنوبه، أم لا.

ثانيًا، لا يتخلص العالَم الخالي من الكربون من الصراعات الصفرية، بل إنه يُنتِج صراعات مختلفة. ففي نظام الطاقة الحالي، يكون الصراع على الوصول بشكل آمن ويسير إلى النفط، والفحم، والغاز. وعلى مدار التاريخ، تعهدت الولايات المتحدة برعاية علاقة خاصة مع المملكة العربية السعودية؛ من أجل النفط، ورعى الاتحاد الأوروبي علاقته بروسيا؛ من أجل الغاز الطبيعي. وفي العالم منخفض الكربون، سيتمثل الصراع في كيفية تمويل البنية التحتية، والتحكم في التقنيات المطلوبة لتسخير الرياح، والطاقة الشمسية، وغيرهما من مصادر الطاقة المتجددة، وكيفية تأمين الوصول إلى المواد المطلوبة لتصنيع هذه التقنيات.

«إنّ العالم الخالي من الكربون لا يستطيع التخلص من الصراعات الصفرية».

ثالثًا، وتيرة التغير لها أهميتها. ويُذكر - على سبيل المثال - أنه إذا كانت طفرة تكنولوجية ما ستؤدي إلى تغير سريع، فقد لا تملك الدول غير المستقرة المنتجة للوقود الأحفوري، مثل فنزويلا والجزائر، وقتًا للتكيّف مع ذلك، وبالتالي يمكن لنزاعاتها الداخلية أن تنتشر إلى المناطق المجاورة. والمشكلة هنا لا تكمن في الأصول العالقة[3]، بقدر ما تكمن في مدى اشتراك الدول في الاستفادة من مزايا التحول.

رابعًا، قد لا يكون بعض المسارات مستساغًا سياسيًّا للجميع، فعلى سبيل المثال.. يَفترِض كثيرون من صانعي القرار في الغرب أن التقدم التقني يتحقق بالشكل الأمثل في سوق ليبرالية قائمة على أساس التجارة الحرة، لكن هذا ليس صحيحًا بالضرورة؛ فالصين - على سبيل المثال – قد وسعت من نطاق تبنِّي الطاقة المتجددة بها، من خلال نظام حُكْم من أعلى إلى أسفل، ونسق تخطيط مركزي. وتُعتبر قصة نجاح البرازيل في مجال الوقود الحيوي - في جزء منها - نتاج عمل حكومة عسكرية سابقة، تسعى نحو تحقيق الاكتفاء الذاتي، والوصول إلى توازن تجاري أكثر ملاءمة. ومن ثم، ينبغي أن تُوضع فكرة "نهج واحد يناسب الجميع"، القائمة على أساس الأعراف الغربية في المنظمات الدولية، محل شك.

الخطوات التالية

هناك ثلاث خطوات ستساعد على وضع الجغرافيا السياسية في قلب مناقشات تحقيق النقلة في مجال الطاقة:

أولًا، ينبغي أن يتحول تركيز الباحثين وصانعي القرار من الأهداف إلى المسارات، كما يجب وضع المسائل اللوجيستية والاضطرابات في الاعتبار. ولن تقتصر هذه العملية على تحقيق النمو الأخضر، والتنوع الاقتصادي، وإتاحة الوصول إلى الطاقة[4]. وقد تربط الحكومات بين التقنيات منخفضة الكربون، والسياسة الخارجية والأمنية، مثلما فعلت فيما يتعلق بالنفط والغاز.

ثانيًا، يجب على صانعي القرار استخلاص دروس من التجارب السابقة والموازية. على سبيل المثال، فإن التحول إلى الأسلوب الرقمي، الذي يمثل تحولاً عميقاً آخر، لا يقتصر تأثيره على إعادة تشكيل الاقتصادات والمجتمعات، إذ إنه يثير أسئلة ترتبط بالحرية الفردية، والسلطة السياسية. وقد كان الانتقال من الاقتصادات الموجهة إلى اقتصادات السوق يعني مشقة اقتصادية لمعظم التكتلات الشيوعية السابقة؛ وأظهر أيضًا كيف يمكن للنخب الانقضاض على عمليات التحول؛ لتحقيق مكسب شخصي.

ثالثًا، تقليص الكربون سيتسبب في وجود خاسرين. وحتى الآن، تركز السياسات على تمكين الرابحين الأوائل في سباق الطاقة المتجددة، الذي أخذ يتبلور، بينما هي بحاجة إلى التحول للنزاعات المحتملة الناتجة عن انهيار الطلب على الوقود الأحفوري، والمخاطر الاقتصادية والأمنية المرتبطة بذلك. على سبيل المثال، يمكن أن تضخ البلدان الثرية - مثل ألمانيا - مليارات الدولارات في قطاع الفحم لديها؛ بغرض تخفيف آلام التحول، عبر تقديم مساعدت مالية سخية للمناطق المنتجة لليجنيت (الفحم البني). ولا يمكن لنيجيريا أو الجزائر أن تقوما بالمثل في صناعة النفط لديهما، غير أن هذا ممكن للمملكة العربية السعودية، والكويت[5]، وينبغي تشجيعهما على ذلك.

ما الجهة التي ينبغي أن تأخذ بزمام المبادرة في إدارة التحول؟ تُعتبر مجموعة العشرين إحدى الجهات الواضحة المرشحة لذلك. وتضم اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي 197 طرفاً، لكنها بالرغم من كل ما أنجزته، فإنها أخفقت في إبطاء تنامي الانبعاثات. وتتحمل دول مجموعة العشرين مسؤولية حوالي 80% من الانبعاثات الدولية، ومن ثم يمكنها تشكيل قيادة عالمية، وتوفير دعم مالي، بالبناء على خطة عمل المناخ والطاقة؛ من أجل التنمية التي تبنّتها، وبدعم قائم على اتفاق تعاوُن ثلاثي بين الصين، والاتحاد الأوروبي، والولايات المتحدة.

الرحلة إلى التخلص النهائي من الكربون محفوفة بمخاطر جيوسياسية. ومن خلال طرح الأسئلة الصحيحة، والتعرف على التهديدات، وتقديم الحلول، يمكننا أن نضع أقدامنا على طريق تحوُّل عادل، وآمِن، وفعّال في مجال الطاقة. ■

أندرياس جولدثاو أستاذ علاقات دولية في كلية رويال هولواي، جامعة لندن بالمملكة المتحدة، وقائد مجموعة بحثية في معهد دراسات الاستدامة المتطورة في بوتسدام بألمانيا.

كريستِن ويستفال واحدة من بين كبار أعضاء قسم القضايا الدولية بالمعهد الألماني للشؤون الخارجية والأمنية (SWP)، برلين، ألمانيا. وترأس مشروع الجغرافيا السياسية لتحول الطاقة، المموَّل من وزارة الخارجية الاتحادية الألمانية. ومورجان بازيليان مدير معهد باين، وأستاذ السياسة العامة في كلية كلورادو في ماينز، جولدن، كلورادو، الولايات المتحدة. ومايكل برادشو أستاذ الطاقة الدولية في كلية ووريك للأعمال، جامعة ووريك، كوڤنتري، المملكة المتحدة.

البريد الإلكتروني : andreas.goldthau@iass-potsdam.de، kirsten.westphal@swp-berlin.org

1. Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation. *A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation* (IRENA, 2019).
2. International Energy Agency. *Outlook for Producer Economies: What Do Changing Energy Dynamics Mean for Major Oil and Gas Exporters?* (IEA, 2018).
3. Van de Graaf, T. & Bradshaw, M. *Int. Aff.* **94**, 1309–1328 (2018).
4. Bazilian, M., Sovacool, B. & Moss, T. *Glob. Policy* **8**, 422–425 (2017).
5. Goldthau, A. & Westphal, K. *Glob. Policy* https://doi.org/10.1111/1758-5899.12649 (2019).

HENNING DALHOFF/SPL

صورة توضح تصورًا فنيًّا لتكاثر «الخلايا الأولية».

التَّوَلُّدُ التِّلْقائِيّ

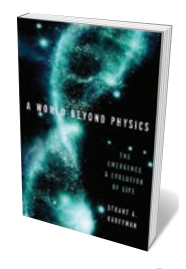
نشأة الحياة من منظور جديد

كتاب **ستيوارت كوفمان** المثير للجدل يشعل حماسة الكاتبة سارة إماري ووكر.

مِن أكبر الألغاز العلمية في عصرنا لغز نشأة الحياة من مادة غير عضوية. وقد دأب العلماء على سبر أغوار هذا اللغز منذ عشرينيات القرن العشرين، عندما شرع عالما الكيمياء الحيوية أليكسندر أوبارين، وجاي. بي. إس. هولدين (كلٌّ على حدة) في تقصي خواص قطيرات غنية بالجزيئات العضوية، وُجدت في «حساء قبل حيوي»، كان موجودًا على الأرض البدائية (انظر: T. Hyman and C. Brangwynne *Nature* **491**, 524–525; 2012). وافترض كل منهما أن المركبات العضوية مرت بتفاعلات، نتجت عنها جزيئات أكثر تعقيدًا، وظهور أول أشكال الحياة في نهاية الأمر.

أمّا ما كانوا يفتقرون إليه وقتها - مثلما هو الحال الآن - هو نظرية متماسكة، قابلة للاختبار بالتجربة، توضح السمات الفيزيائية لماهية الحياة، وهي النظرية التي ستكون - على الأرجح - أكثر شمولية من السمات الكيميائية للحياة على كوكب الأرض. وبعد عقود من تجارب أوبارين وهولدين، حاول كتاب «ما الحياة؟» *What is life?* (انظر: P. Ball *Nature* **560**, 548–550; 2018)، الذي سطره إرفين شرودنجر في عام 1944، إرساء أسس إدراكية لمثل هذه النظرية.

ومع ذلك.. فبعد مرور أكثر من سبعين عامًا، ظهر خلالها جِيلان من علماء الفيزياء، لا يزال الباحثون يفكرون مليًّا فيما إذا كانت الإجابات تكمن في فيزياء غير معروفة، أم لا. ولم يضطلع أحد بتناول هذه الأسئلة بقدر ما فعل ستيوارت كوفمان.



عالَم ما وراء الفيزياء: نشوء الحياة، وتطوّرها
ستيورات إيه. كوفمان
دار نشر جامعة أكسفورد

في ثمانينيات وتسعينيات القرن العشرين، وضع كوفمان - وهو باحث متخصص في الأنظمة المعقدة - نظرية بالغة التأثير؛ لتفسير نشأة الحياة، بناء على الجزيئات التي تتكاثر جماعيًّا فقط، وتُدعى المجموعات ذاتية التحفيز. وقد افترض أنه إذا اتسم حساء كيميائي ما من البوليمرات بتنوع كافٍ، فإن تلك المجموعات سوف تنشأ تلقائيًّا في صورة تغيّر في الطور، بمعنى حدوث تغيير مهم في الحالة أو الوظيفة، أقرب ما يكون إلى التحول من الحالة الصلبة إلى السائلة. تؤدي المجموعات وظائفها بشكل كُلّيّ، فتحفز تَشَكُّل جميع عناصرها الجزيئية على نحو تبادلي. وقد (استوحى كوفمان فرضيته من التطورات في رياضيات الشبكات، التي حققها بول إيردوش، وألفريد ريني، اللذان بيَّنا كيف يحدث التغير الطوري في الشبكات العشوائية مع زيادة الارتباط). والآن، يتناول كوفمان هذا الأمر بالتفصيل في كتابه «عالم ما وراء الفيزياء» *A World Beyond Physics*.

تستند رؤية كوفمان المحورية إلى ما يُطلِق عليه «العالَم غير الاحتمالي» the nonergodicworld، المتعلق بأجسام أعقد من الذرات. ومعظم الذرات بسيط التكوين، ومن ثم يمكن لجميع حالاتها الممكنة الاستمرار لفترة زمنية معقولة. وبمجرد أن تبدأ الذرات في التفاعل لتكوين جزيئات، فإن عدد الحالات الممكنة يصبح هائلًا، لدرجة يعجز العقل عن استيعابها. لم ينشأ سوى عدد ضئيل من البروتينات متوسطة التعقيد - ولنَقُل بطول 200 حمض أميني مثلًا - عبر مجمل تاريخ الكون. إنّ توليد 20020 من البروتينات الممكنة سوف يستغرق دهورًا. وبالنظر إلى كل تلك المعوقات، ينشأ بالتالي سؤال بديهي، هو: كيف إذًا

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وُجِد كل ما هو موجود؟

من هذا المنطلق، يوسّع كوفمان نظريته حول المجموعات ذاتية التحفيز، طارحًا مفاهيم معينة، مثل الانغلاق، إذ ترتبط العمليات فيه بحيث تحفِّز كل واحدة منها العملية التي تليها، وذلك في دائرة مغلقة. كما يفترض أن المجموعات ذاتية التحفيز (من الحمض النووي الريبي، أو الببتيدات، أو كليهما) المُحاطة بكُرَة من الجزيئات الدهنية، قد تكوّن خلايا أوّلية ذاتية التكاثر. ويخمّن أن تلك الخلايا الأوّلية قد تتطور. وهكذا، فإن كل استحداث بيولوجي جديد يولِّد بيئة وظيفية ملائمة جديدة، ترعى بدورها مزيدًا من الأمور المستحدَثة. ولا يمكننا التنبؤ بما سيوجد، حسبما يقول، لأن وظيفة كل شيء تنتجه الطبيعة سوف تعتمد على ما جاء في السابق، وكذلك على الأشياء الأخرى الموجودة الآن، في ظل مجموعة دائمة التمدد مما هو ممكن في المرحلة القادمة.

لهذا.. يطرح كوفمان استنتاجًا مثيرًا للجدل، يقضي بعدم وجود قانون رياضياتي قادر على وصف التنوع الآخِذ في التطور، والمجال الحيوي المفعم بالحياة، حيث يقول في كتابه: "نحن لا نعرف المتغيرات ذات الصلة قبل ظهورها في عملية التطور". وهو يرى أنّ - في أحسن الأحوال - أيًّا من "قوانين الحياة" القائمة بالفعل سوف يصف التوزيعات الإحصائية لنواحي ذلك التطور؛ فعلى سبيل المثال، قد تتنبأ هذه القوانين بتوزيع حوادث الانقراض، وربما يعتمد بزوغ الحياة على أسس الفيزياء، "لكنه غير قابل لأنْ يُستمد منها"، على حد قوله.

وإذا كان من غير الممكن اختزال الحياة إلى الفيزياء، فهل الحياة "تتجاوز الفيزياء"، حسبما يزعم كوفمان؟ إن هذا العصر رائع للعمل على استكشاف نشأة الحياة؛ فثمة جدل حامي الوطيس حول ما إذا كانت الفيزياء الحالية تفي بالغرض، أم أن هناك ضرورة لوجود مبادئ جديدة. هل سيؤدي استيعاب كيفية ظهور الشكل والوظيفة من تدفق المعلومات إلى فهم أعمق للحياة؟ أم سيقتصر فهْمنا للحياة على أنها عملية تمتد على نطاق الكوكب، وأنها مرتبطة جذريًّا بعلوم الكواكب الخارجية؟ وهل سيؤدي اندماج النظرية والتطبيق إلى ظهور مناهج جديدة تهدف إلى خلق حياة صناعية؟ هذه المناهج يجري تطويرها من خلال مجهود دولي، تُوج في عام 2015 بمؤتمر، عنوانه «نحو تصورات جديدة لأصول الحياة «Re-conceptualizing the Origins of Life، اجتذب باحثين من مؤسسات معينة، منها معهد سانتا فيّ بنيو مكسيكو، ومعهد علم الحياة على الأرض، التابع لـمعهد طوكيو للتكنولوجيا، وجامعة ولاية أريزونا في تمبي.

في نطاق قوانين الفيزياء، وليس فيما وراءها

أتفقُ مع كوفمان في أن الحياة لا يمكن تفسيرها في ضوء قوانين الفيزياء الحالية التي بين أيدينا، لكنني أختلِفُ مع زَعْمه بأن التفسير "يتجاوز" حدود الفيزياء. ربما يكّمن التمييز في دلالات الألفاظ، لكنه مهم.

بلغت الفيزياء بالفعل مبلغًا من التطور يتجاوز كثيرًا مجرد وصف جوانب الواقع، سواء تلك الضخمة للغاية (الفلك، وعلم الكون)، أم الصغيرة للغاية (الأنظمة الكمّية، وفيزياء الجزيئات)، أم ذات الحجم البشري (الميكانيكا، كما درسها جاليليو جاليلي وإسحاق نيوتن). وقد تمخضت دراسة النواحي المتطورة في مجالات معينة، مثل علم الاقتصاد، وعلم الإليكترونيات، وفيزياء المناخ، وعلم المجتمعات، والديناميكا الحرارية للأنظمة غير المتوازنة، عن ظهور عدد من الأبحاث المثيرة للاهتمام.

تلك التطورات التي شملت مجالات متعددة تشير إلى أن الفيزياء ذاتها لا ينبغي اختزالها في الأنظمة التي وصفتها في الماضي، وإنما هي طريقة لرؤية العالم، تُقدِّر أكثر الأوصاف تجريدًا وجوهرية، وتوحيدًا للواقع، بداية من الذرات، ووصولًا إلى الكون.

ضمن ذلك المدى يكْمن تطور بيولوجي وتكنولوجي في ظواهر تتنوع من البشر، حتى المدن. وحتى الآن، ظل هذا المجال هو الأصعب، من حيث تلقِّي الزخم من المناهج المعتمِدة على المبادئ الأولى، نظرًا إلى كثافة التفاعلات عبر المكونات والنطاقات. إن السؤال الذي يبحث في وجود مبادئ فيزيائية تفسر الحياة يتطلب منا اعتبار أن جميع الأمثلة على الحياة قد تكون في صميمها جزءًا من الظاهرة الأساسية ذاتها، وإلا فلن تصبح "الحياة" خاصية موضوعية، وإنما مجموعة من الحالات الخاصة. هذه الرؤية الموحدة تبدو متناغمة مع مسعى كوفمان، لكنها تشير إلى أن التفسير قد يتطلب مبادئ فيزيائية جديدة.

قوة إحصائية

قد يكون الخيط الناظم الذي يفسر الحياة ذا طبيعة إحصائية، حسبما يرى كوفمان، وربما لا يزال يتمتع بخواص «أشبه بالقانون». فعلى أي حال، بعض القوانين الفيزيائية إحصائي بطبيعته، كما هو الحال في القانون الثاني من الديناميكا الحرارية.

بيد أن المناهج التقليدية لدراسة نشأة الحياة - مثل «فرضية عالَم الحمض النووي الريبي»، وغيرها من النماذج التي تعطي أولوية للجينات - لا يمكن حتى الآن صياغتها على هذا النحو. ويرجع هذا إلى أنها تطرح كثيرًا من الافتراضات، بناءً على خواص قد تتفرد بها كيمياء الحياة على الأرض، مثل فرضية أن الحمض النووي الريبي ضروري لنشأة الحياة.

تنطلق المجالات البازغة المتعلقة بـ«الكيمياء الفوضوية»، ومناهج أبحاث نشأة الحياة المعتمِدة على الحياة الاصطناعية، من خلائط كيميائية تصاعدية، بحد أدنى من الافتراضات حول الشكل المحتمل للحياة البازغة. وعلى سبيل المثال، (يُجْري الكيميائي لي كرونين تجارب على التجميع الذاتي والتنظيم الذاتي في الجزيئات الكبيرة، مثل أكاسيد الفلزات). وهكذا، يحاول هذا المجال اعتماد منهج توفيقي، وقد يطرح سبلًا جديدة لوضع نظريات حول المبادئ الكونية التي تصل بين المادة غير العضوية، والحياة. ولعل هذا يتمخض عن نقلة مفاهيمية جديدة.

لقد طرح كوفمان بأسلوبه الفريد الأسئلة التي نحتاج إلى حلها حول لغز الحياة، ونشأتها، لكنْ لا يزال أمام الجيل القادم عمل كثير؛ كي يتوصّلوا إلى إجابات تلك الأسئلة. ■

سارة إماري ووكر أستاذ مساعد في كلية الأرض واستكشاف الفضاء، ونائبة مدير مركز بيوند للمفاهيم الأولية في العلوم بجامعة ولاية أريزونا في تمبي.
البريد الإلكتروني: sara.i.walker@asu.edu.

LUKE MACGREGOR/BLOOMBERG VIA GETTY

مشاركة المبرمجين في فاعلية هاكاثون «تك كرانش ديسرابت» في لندن عام 2015.

تكنولوجيا

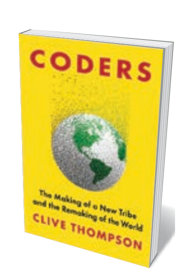
البرمجة: المؤثرون في صمت

يشيد **لي جونج** بدراسة تتناول مطوِّري البرمجيات الذين يشكِّل عملهم المعقد عالمنا.

في أواخر ثمانينيات القرن الماضي، صاغ مارك وايزر، وكان وقتذاك المدير التقني في مختبر الأبحاث الأمريكي الشهير «زيروكس بارك» Xerox PARC، مصطلح «الحوسبة كُلِّية الوجود»، الذي أصبح الآن حقيقة واقعة؛ فأيّ منزل عادي في البلدان الأكثر ثراءً، ربما يحوي ما بين 50 إلى 100 معالج دقيق، كمكوّن لكل شيء، بدءًا من أجهزة التلفاز والثلاجات، وصولا إلى الهواتف النقالة وبطاقات تعريف الحيوانات الأليفة. وكُلُّ معالج من هذه المعالجات يعتمد على البشر الدؤوبين الذين يضخون ملايين الأسطر من أكواد البرمجيات، التي باتت في نهاية المطاف توجه مشاعرنا، وتُملي علينا سلوكياتنا، بل وتتلاعب بالانتخابات الرئاسية.

في كتابه «المبرمجون» *Coders*، يحُثنا كليف طومسون على أن نوليّ المزيد من الانتباه لهذه القوة الخفية بدرجة كبيرة – فتُرى مَنْ أفرادها؟ وكيف يفكِّرون؟ وما تأثيرهم علينا أو على المجتمع؟ - واصفًا إياهم بأنهم: "مِن ضمن أكثر المؤثرين في صمت على سطح الكوكب". ومن بين الشخصيات المهمة التي أجرى معها طومسون مقابلات شخصية – من أجل إعداد هذا الكتاب - مبتكري العديد من التطبيقات البرمجية البارزة التي نستخدمها اليوم، مثل فيسبوك وتويتر وإنستجرام. كان طومسون - الصحفي المتخصص في التكنولوجيا، الذي يكتب بصفة منتظمة في مجلتي «نيويورك تايمز» *The New York Times* و«وايرد» *Wired* - مدفوعًا بملاحظته أنه على مرّ التاريخ، تصبح بعض المهن فجأة ذات أهمية بالغة، وتؤثر تأثيرًا هائلًا على مجتمعنا.

خلال حرب الاستقلال الأمريكية، في أواخر القرن الثامن عشر، على سبيل المثال، استند حكم الأمة الناشئة على مجموعة من القوانين انطلقت من المبادئ الأولى: الدستور. وهكذا هيمنتْ مهنة الاشتغال بالقانون على الخطاب المدني (من ناحية ما، يمكن النظر إلى الآباء المؤسسين، على أنهم كانوا مبرمجي عصرهم، إذ صاغوا نظام التشغيل، أو على الأقل وضعوا نواة الديمقراطية الأمريكية)، وعلى نفس المنوال، أصبح المهندسون المدنيون والمهندسون المعماريون، ومخطّطو المدن، صنّاع القرار خلال الثورة الصناعية، أما الآن فقد حان وقت المبرمجين.



«المبرمجون: تكوين قبيلة جديدة وإعادة تشكيل العالم»
كليف طومسون
مطبعة بنجوين، 2019.

هذا الكتاب آسر، فطومسون كاتب ممتاز، ومواضيعه ذاتها تمسك بتلابيب القارئ. يناقش طومسون، كقاعدة عامة، أن المبرمجين هم أشخاص متفائلون، يقضون الجزء الأكبر من أوقات عملهم، ليس في كتابة أكواد جديدة، وإنما في التنقيح البرمجي، ومن ثمَّ من الضروري أن يظلوا متفائلين، للتغلب على الإحباطات التي لا تنتهي. ويشرح طومسون أسباب عدم ميل المبرمجين لاستخدام الفأرة، وتفضيلهم استخدام اختصارات لوحة المفاتيح (إذ إن التوجيه والنقر، يتطلب استخدامًا غير فعّال لحركة اليد، وقدرًا إضافيًا من تآزر العينين). نلتقي في الكتاب مع المبرمج جيسون هو، الذي عندما نوى تجربة أفضل مطاعم النودلز في المدينة، صمم برنامجًا لرسم خريطة تُبيِّن أقصر الطرق إلى كل مطعم من تلك المطاعم، حتى يتمكن من زيارة أكبر عدد ممكن منها. وهناك روب راينهارت، الذي يعتبر تناول الطعام مضيعة للوقت ومن ثمَّ طور بديلًا للوجبات أطلق عليه اسم «سويلنت» Soylent (كلمة مستعارة من رواية الخيال العلمي «أفسحوا المجال! أفسحوا المجال!» Make Room! Make Room!، التي كتبها هاري هاريسون عام 1966، واصفًا إياها بـ"الوجبة المُثلى في نهاية المطاف". كذلك نقرأ عن مبرمج انفصل عن صديقته بقوله: "ليس لدي مساحة كافية من البيانات".

يُخصِّص طومسون نصف الكتاب لتناول السمات الشخصية الشبيهة، إلى جانب الأنماط السلوكية للمبرمجين ونفسياتهم. كان من الممكن لهذا أن يُعطي انطباع القوالب النمطية العتيقة، لكن ما يفعله طومسون بشكل مختلف، أنه يقترب للغاية من الأشخاص الذين يكتب عنهم، يصبح الأمر أشبه بالمكافئ السردي لتقنيات التصوير بالألوان الطبيعية، والتصوير ثلاثي الأبعاد، والفحص المجهري. فعلى الرغم من أن بعض السمات، مثل الفضول والتفكير المنطقي، وتوخّي الدقة والإمعان في التفاصيل، تشيع أيضًا في مهن مثل القانون والطب وإدارة الشئون المالية والرياضة، فإن نسبة عالية من المبرمجين يتحلون بهذه الميّزات، وغالبًا هذا هو ما يميز البرمجة عن غيرها.

يستكشف طومسون كذلك جوانبَ أكثر جدية وإثارة للجدل في مهنة البرمجة، فهو يُحلّل الميول السياسية،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ويصل إلى أنه رغم أن المبرمجين يبدو عليهم الميل إلى المُثل الليبرالية العليا، فإن كثيرًا منهم يعتنق مزيجًا من الأفكار اليسارية واليمينية. ويناقش باستفاضة مسألة التنوع (خاصة نوع الجنس)، أو عدم وجوده، في مجال الحوسبة ككل، ويسجل الانخفاض الحاد في عدد النساء المشاركات في البرمجة على مدار العقود الماضية، ويكشف في شغف زيفَ فكرة أن البرمجة تعتمد على الجدارة، مشيرًا إلى التعليم والحظ، باعتبارهما عاملين أساسيين يسهمان في النجاح. كما يغوص في أعماق ثقافة القرصنة الإلكترونية وأدب الخيال العلمي المُسمى «السايبربانك»، وكذلك حروب «التشفير الرقمي» التي حاولت فيها الحكومات فرض قيود على الوصول إلى تقنيات التشفير القويّة، بالإضافة إلى قضايا مثل حقوق النشر، والخصوصية.

يبحث طومسون كذلك في موضوعات أكثر معاصرة، مثل التحيّز العرقي في الذكاء الاصطناعي، ويستكشف التأثيرَ السلبيَ لوسائل التواصل الاجتماعي على المجتمع والديمقراطية، فعلى سبيل المثال، أسهمت التغذية الإخبارية على موقع فيسبوك، عن غير قصد، في حملات تضليل خلال الانتخابات الرئاسية الأمريكية لعام (2016). أما الأمر الذي ينذر بالمزيد من الخطر، فيتمثل في اعتمادنا على تكنولوجيا المعلومات، بدءًا من التوصيات الخوارزمية للتغذية الإخبارية، وصولا إلى أنظمة التصويت الإلكترونية التي تحسب الفائزين بصورة غير شفافة. تعتمد سلاسة سير العمل في العالم على مبرمجين يكتبون أكوادًا محكمة وآمنة، لكن هذا ليس أمرًا كافيًا ولا مضمونًا.

غطّى عديد من الكتب هذا المجال، لكن كتاب «المبرمجون» يواكب العالم سريع الحركة الذي نعيش فيه. نلتقي بعضًا من أبرز الشخصيات في هذا المجال، مثل برام كوهين، مبتكر «بت تورنت» BitTorrent. علاوة على ذلك، يكشف طومسون، بالجمع بين عملياته البحثية الخاصة والمواد التي استقاها من المصادر الغزيرة المطبوعة والإلكترونية، عن بعض التفاصيل الطريفة مثل قميص مطبوع عليه عبارة: "فكِّر في الشر، افعل الخير" (التي يمكن أن تعني، على سبيل المثال، أنك لكي تكتب نظامًا آمنًا، عليك أن تعرف كيف سيحاول "الأشرار" اقتحام هذا النظام).

بصفتي عالم كمبيوتر، ومبرمجًا سابقًا، وجدتُ الكثير من فقرات الكتاب ترسم ابتسامة هادئة على وجهي، وتثير بداخلي لحظةً من تقدير الذات. يمكن للأشخاص الذين يحتكّون بالمبرمجين بشكل روتيني، مثل الزملاء أو الأصدقاء أو أفراد نفس العائلة، الاستفادة بشكل هائل من هذه الأفكار. يمكنني تخيل أن يطلب المديرون التنفيذيون نسخًا كثيرة من هذا الكتاب لموظفيهم.

من المثير للاهتمام، أن المبرمجين أنفسهم يمكن أن يستفيدوا أكثر من الكتاب، فهم يعرفون بالفعل المصطلحات الفنية المستخدمة بين دفتيه، كما أنهم سيستمتعون بالتشبيهات (فمثلا «إعادة هيكلة البرمجيات دون تغيير السلوك الخارجي تشبه تحرير مقال صحفي»)، وربما يساعد هذا الكتاب المبرمجين على فهم أنفسهم بدرجة أفضل قليلًا، وربما يُهدون الكتاب لأحبّائهم مرفقين به رسالة تقول: "اقرأ هذا! هذا أنا!". ■

لي جونج الرئيس التنفيذي لشركة لينارو، وهي شركة برمجيات يقع مقرها في كامبريدج بالمملكة المتحدة، وعنوان بريده الإلكتروني: li.gong@linaro.org

ملخصات كتب

رحلة الطاقة

مايكل إي. ويبر، دار نشر «بيسيك»، (2019)

إنّ الطاقة غير مرئية، لكنها - كما يحاجج المهندس الميكانيكي مايكل ويبر - قد شَيَّدت الحضارة بمحاسنها ومساوئها، مثلما يبين ويبر في فصولٍ تتسم بالجد والواقعية، تتناول الماء، والغذاء، والنقل، والثروات، والمدن، والأمن (بما في ذلك الحرب). فالمياه المعبأة - على سبيل المثال - تتطلب طاقة للمعالَجة، وإحكام غلق حاويتها، وتبريدها، لكن النصيب الأكبر من الطاقة يذهب إلى تصنيع حاوياتها البلاستيكية، وهو ما يجعل كثافة استهلاك المياه المعبأة للطاقة أكبر من استهلاك مياه الصنابير لها بمعدل يتراوح من 1000 إلى 2000 ضعف لكل لتر، وذلك بحسب طول مسافة شحن الماء. ويحلل الكتاب الحلول التقنية للإفراط في الاستهلاك العالمي للطاقة، لكن – كما يشير ويبر – هي مشكلة لا يوجد حل سحري لها.



مشهد الوهم

ماثيو إل. تومبكينز، دار نشر «تايمز آند هَدْسُون»، (2019)

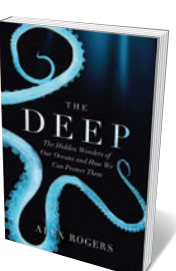
كان الطبيب والكاتب آرثر كونان دويل - الذي أبدع شخصية العقلاني الحذِق شيرلوك هولمز - صديقًا للساحر الأسطوري وفنان الهروب، هاري هوديني. ومن ضروب المفارقة أن دويل روّج للخوارق، بينما كان هوديني يَستخدِم الخدع السحرية؛ للكشف عن زيفها، لكنّ الإيمان بالخوارق هيمن على علماء بارزين في هذا العصر، بدءًا من عالِم الفيزياء ويليام كروكس، وصولًا إلى عالِم الطبيعة ألفريد راسل والاس. كل هذا، فضلًا عن تفاصيل أخرى، يجعل الحياة تدب في كتاب عالِم النفس التجريبي والساحر ماثيو تومبكينز، الزاخر بالصور، والذي يصحبنا إلى معرض «الدخان والمرايا» Smoke and Mirrors، وهو معرض عن السحر، يُقام حاليًّا في متحف ومكتبة «ويلكوم كوليكشن» Wellcome Collection في لندن.

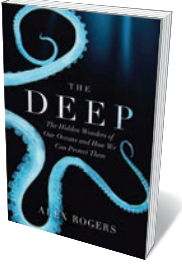


رقصة خنفساء الروث

ماركوس بايرن، وهيلين لون، دار نشر «جامعة ويتس»، (2019)

كانت خنفساء الروث، التي خلبت لب تشارلز داروين، رمزًا مقدسًا في وقت ما. ففي مصر القديمة، كان لخبري (إله الشمس المشرقة) رأس خنفساء من الجعليات؛ لأن هذه الحشرة كانت تدحرِج «بشكل راقص» كرات الروث عبر الأرض، في حركة تشبه حركة الشمس عبر السماء. ويُعتقد أن الخنفساء تحولت - في وقت لاحق - إلى رمز برج السرطان «السلطعون». والآن، بفضل التجارب التي يجريها علماء الحشرات، مثل ماركوس بايرن، صرنا نعرف أن خنفساء الروث يمكنها التنقل اعتمادًا على حركة مجرّة درب التبانة. ويمثل هذا الكتاب الذي كان ثمرة تعاوُن بين بايرن والكاتبة هيلين لون - والذي تضمن صورًا جذابة – مزيجًا يجمع بين العلوم، والتاريخ، والأساطير.





الأعماق

أليكس روجرز، دار نشر «وايلدفاير»، (2019)

لم يَجْرِ وصف غير 10% فقط من الأنواع البحرية، التي يقدَّر عددها بمليوني نوع، كما لم تؤخذ عينات إلا من نسبة لا تتعدى 0,0001% فقط من قيعان البحار العميقة. وقد زار القمرَ اثنا عشر رائد فضاء، لكن لم يصل إلا ثلاثة غواصين إلى أعمق نقطة في قاع البحر، وهي نقطة «تشالنجر ديب» Challenger Deep في خندق ماريانا. وتحفل دراسة أليكس روجرز العملية الموثوقة باكتشافات كهذه. ويمزج روجرز - عالِم الأحياء البحرية، والناشط البيئي – بين عرض عجائب البحار وإطلاق صيحات التحذير من الصيد الجائر، والتلوث، والأنواع الغازِيَة، والتغير المناخي، إضافة إلى تقديم اقتراحات وقائية، لكن – للأسف الشديد - لا يشمل الكتاب خرائط، أو فهرس.



دانتي، وعالِمة فلك من عصر باكر

ترايسي دوتيرتي، دار نشر جامعة ييل (2019)

كانت الباحثة الفيكتورية ماري إيفرشيد عالمة فلك هاوية، لها أعمال منشورة، ومولعة بشاعر عصر النهضة دانتي أليجييري. ولا يزال كتابها «دانتي والفلكيون الأوائل» *Dante and the Early Astronomers*، الذي نُشر في عام 1914، مثار إعجاب؛ لما فيه من إيضاح للإشارات الفلكية الحسية في كتاب دانتي «الكوميديا الإلهية» *Divine Comedy*. ويحيي أستاذ الأدب ترايسي دوتيرتي ذكرى إيفرشيد، لكنه أقل تأكدًا من مادته فيما يتعلق بعلم الفلك، خاصة نظرية النسبية العامة لألبرت أينشتاين، التي شكك فيها جون، زوج إيفرشيد، وهو أخصائي فلك في الهند إبان خضوعها للحكم البريطاني. **أندرو روبنسون**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

عمل فني مركّب من معرض لأعمال كايتي باترسون، تحت عنوان «مكانٌ لا يوجد إلا في ضوء القمر».

س و ج مع كايتي باترسون

فنانة الزمن السحيق

تتطلع الفنانة الاسكتلندية كايتي باترسون إلى الآفاق البعيدة؛ فباستخدام النيازك، وعمليات الرصد الفلكي، والحفريات، وبإجراء تجارب في حقل الصوت والضوء، تضعنا أعمالها أمام نطاقات زمنية ومكانية تتجاوز بكثير الخبرات التقليدية. ومع إزاحة الستار عن أعمالها في معرض «تيرنر كونتمبوراري» Turner Contemporary في مدينة مارجيت الساحلية بالمملكة المتحدة، تتحدث باترسون إلى دورية *Nature* عن الفن الذي يلقي الضوء على التغييرات الكبرى.



GIORGIA POLIZZI

ينطوي الكثير من أعمالك على تلاعب بالأبعاد الزمانية والمكانية الهائلة. وخريطة «كل النجوم الميتة» *All the Dead Stars* (2009) هي بمثابة نقش على ألومنيوم أسود مؤكسد لمواقع 27 ألف نجم تقريبًا من النجوم المعروفة، التي بلغت نهاية دورة حياتها. فهل تتطلعين كذلك إلى المستقبل؟

نعم، ففي المشروع المستمر «خطابات النجوم المحتضرة» *Dying Star Letters* (الذي انطلق عام 2011)، أكتب خطابات عزاء حول النجوم المسجَّلة على أنها "ميتة". ويُعتبر العمل «تاريخ الظلام» *History of Darkness* (الذي انطلق من عام 2010) أرشيفًا ممتدًّا يضم شرائح عرض للمناطق المظلمة من الكون، والتي شوهدت من خلال أرصاد عدة تليسكوبات. وعلى مدار القرن المقبل، سيُكَلَّف صندوقٌ ائتماني أنشئ لصالح مشروع «مكتبة المستقبل» *Future Library* (الذي يمتد من عام 2014 إلى 2114) 100 كاتب، من ضمنهم مارجريت أتوود، وديفيد ميتشل، بكتابة قصة سوف تظل غير معلَنة حتى عام 2114. وسوف تُطبَع القصص عندئذ على ورق مصنوع من أشجار زُرعت في غابة نرويجية.

تعبر بعض أعمالك عن مخاوف تتعلق بالبيئة، فمثلًا، نقل العمل «فاتناجوكول» *Vatnajökull* لعام 2007 - 2008 صوت المياه الناتجة عن ذوبان الثلوج المتدفقة في أحد الأنهار الجليدية الأيسلندية إلى المستمعين عبر الهاتف الجوال.

كانت المكالمات التليفونية لسماع صوت ذوبان النهر الجليدي بمثابة تجربة مباشرة، قوامها الاستماع إلى مقبرة من الجليد. إنّ أزمة الاحترار العالمي لا تبدو مباشرة عبر الشاشات، وعلى الرسوم البيانية، لكنها كذلك بالطبع، فكوكبنا يختفي، والبشر يعون دورة الحياة والموت. ونحن في حاجة إلى نهج يواكب ما شَبَّهَه ستيفن هوكينج بالـ«التفكير المستقبلي»؛ وهو يعني رؤية بعيدة المدى يمكن للبشرية تفهمها.

قلتِ ذات مرة: "يَسْرِي مفهوم الزمن خلال كل أعمالي"، فكيف ذلك؟

أرى المهن التي تتناول - بشكل روتيني - نطاقات زمنية ممتدة مهنًا رائعة. فبالنسبة إلى أخصائيي علوم الغابات المشاركين في مشروع «مكتبة المستقبل»، فإن 100 عام هي فترة زمنية طبيعية. كما يتناول علماء الجيولوجيا حقبًا زمنية مختلفة، تصبح فيها أحداث الانقراض الكبرى رقمًا على الخرائط، فضلًا عن علماء الفضاء الذين يتناولون فترات زمنية تتجاوز عمر أي كائن حي. وأرى أن الخيال يمثل طريقًا نحو فهمٍ مختلف للزمن. ومن هنا، يسعى الفن الذي أقدمه إلى تناوُل مفاهيم، لا أستطيع الوصول إليها، إلا من خلال الخيال. وكانت رحلتي في علم الفلك بمثابة بحث عن أوجه ارتباطنا بالكون؛ بمعنى أنها إدراك بأننا غير منفصلين عن الكون.

إنّ بعض مشروعاتك التي تصل بيننا وبين الفضاء والزمن السحيقين يكاد يتناول كذلك عبثية السعي لتتبُّع أصول الكون.

يتداخل مفهوم العبثية في العمل «تاريخ الظلام»، إذ يصور العمل ظلامًا لامتناه عبر نسيج الفضاء والزمان. ومعرفة أنّ تلك الصور التي ينطوي عليها تشير إلى أماكن يتجاوز مداها الزمني حياة الإنسان قد توسّع من نطاق علاقتنا بالظواهر التي يعرضها، وتعزز من شعورنا بأننا عرضة للخطأ. فأنا أميل إلى المفهوم الذي يشَبِّه الكون بالبرية الغامضة، إذ يوجد "أفق كوني" على بعد مليارات من الفراسخ الفلكية، وما يقع وراؤه سوف يظل إلى الأبد خارج نطاق فهْمنا. إنّ إبداع الأعمال الفنية هو أسلوبي في التصارع مع فكرة "موقعنا المذهل العصي على المقارنة" في الكون بقدر ما هو محاولة لنقل هذه الفكرة لآخرين.

STEPHEN WHITE

في العمل «الأرض–القمر–الأرض» *Earth-Moon-Earth* لعام 2007 (انعكاس سوناتة ضوء القمر من على سطح القمر) قمتِ ببث هذه المقطوعة الموسيقية للودفيج فون بيتهوفن باستخدام شفرة «مورس» عبر موجات الراديو، وأعدت بناء النوتة الموسيقية الجزئية المنعكسة. فكيف يجري هذا؟

تم هذا العمل بالتعاون مع هواة تواصُل عبر القمر، وهم مجموعات من الأشخاص، يبعثون برسائل لاسلكية إلى بعضهم بعضًا عبر القمر. وقد راسلتهم ببساطة. ففي أثناء دراستي في كلية سلايد للفنون الجميلة بكلية لندن الجامعية، تجوّلتُ داخل مختبر «الجليد والصخور للفيزياء» Rock & Ice Physics Laboratory. وسُمح لي بتشغيل تسجيلات الثلج الجليدي الخاصة بي في مبرّدات المختبر الضخمة. واكتشفت مدى سهولة التواصل مع العاملين في المجالات المختلفة. وقد تضَمَّن العمل «كل النجوم الميتة» *All the Dead Stars* المئات من الباحثين، شارك بعضهم بالبيانات، وشارك آخرون في تطوير الأعمال الفنية معي. كما أن علماءً يعملون على تقديم مقترح ببعثة لوكالة ناسا دعوني للانضمام إليهم بوصفي "فنانة فضاء/ باحثة مشارِكة" تستقصي الغبار الكوني. وأنا سعيدة بأنّ هؤلاء العلماء يشعرون أن الفنانين قد يقدمون شيئًا ذا قيمة، للإسهام في أبحاثهم.

يتمثل العمل «الطيف الكوني» *The Cosmic Spectrum* (2019) في دائرة ملونة دوّارة، بها قطاعات تبيِّن «الألوان المتوسطة» للكون، منذ الانفجار العظيم حتى الآن، باستخدام بيانات من «مسح الانزياح الأحمر المجري 2dF». فكيف تستمرين في مواكبة التطورات العلمية؟

لقد اكتشفت أعمال عالِم الفلك إيفان بولدري عن الطيف الكوني قبل عدة سنوات. والكثير من أفكاري أؤجله لأعوام. وفي بعض الأحيان، تكون واحدة من التجارب بالقوة الكافية لأن تدفع تجاه إنجاز مشروع بعد مضيّ سنوات. وتجذبني الدراسات الحالية عن غروب الشمس على كوكب المريخ، الذي رصدته المركبة الطوافة «كيوريوسيتي» Curiosity، التابعة لوكالة ناسا. كما أن مجرد النظر إلى عناوين الإصدارات في المكتبات العلمية يمكن أن يستحضِر صورًا ساحرة.

إنّ كتابك «مكانٌ لا يوجد إلا في ضوء القمر» *A Place that Exists Only in Moonlight* لعام 2019 يدرج أفكارًا تكاد تشبه مقترحات بحثية، مثل "إبطاء سرعة الضوء؛ للوصول إلى سكون مطلق".

يتضمن الكتاب أعمالًا فنية منبعها الذهن، ويشير الكثير منها إلى المادة الكونية. وغلاف الكتاب مطبوع باستخدام غبار القمر، وغبار من المريخ، ومن نيازك، وكويكبات قديمة. وكنت أريد أن يتمكن القارئ من لمس المادة التي تصفها الكلمات، والإمساك بها في أثناء استيعابه لهذه الكلمات. فهذه الأفكار تشبه التجارب الفكرية، كألغاز كوان Koan الفكرية لدى طائفة زِن البوذية. وبطريقةٍ ما، يَسري ذلك في جميع أعمالي الفنية. فما الوقت الآن على كوكب الزهرة؟ وما النصوص التي سيقرأها مَن لم يولدوا بعد؟ وهل من الممكن زراعة غابة من شتلات أقدم شجرة على الأرض؟ يعتريني الفضول دائمًا حول هذه الأسئلة.

أجرى المقابلة: فيليب بول.

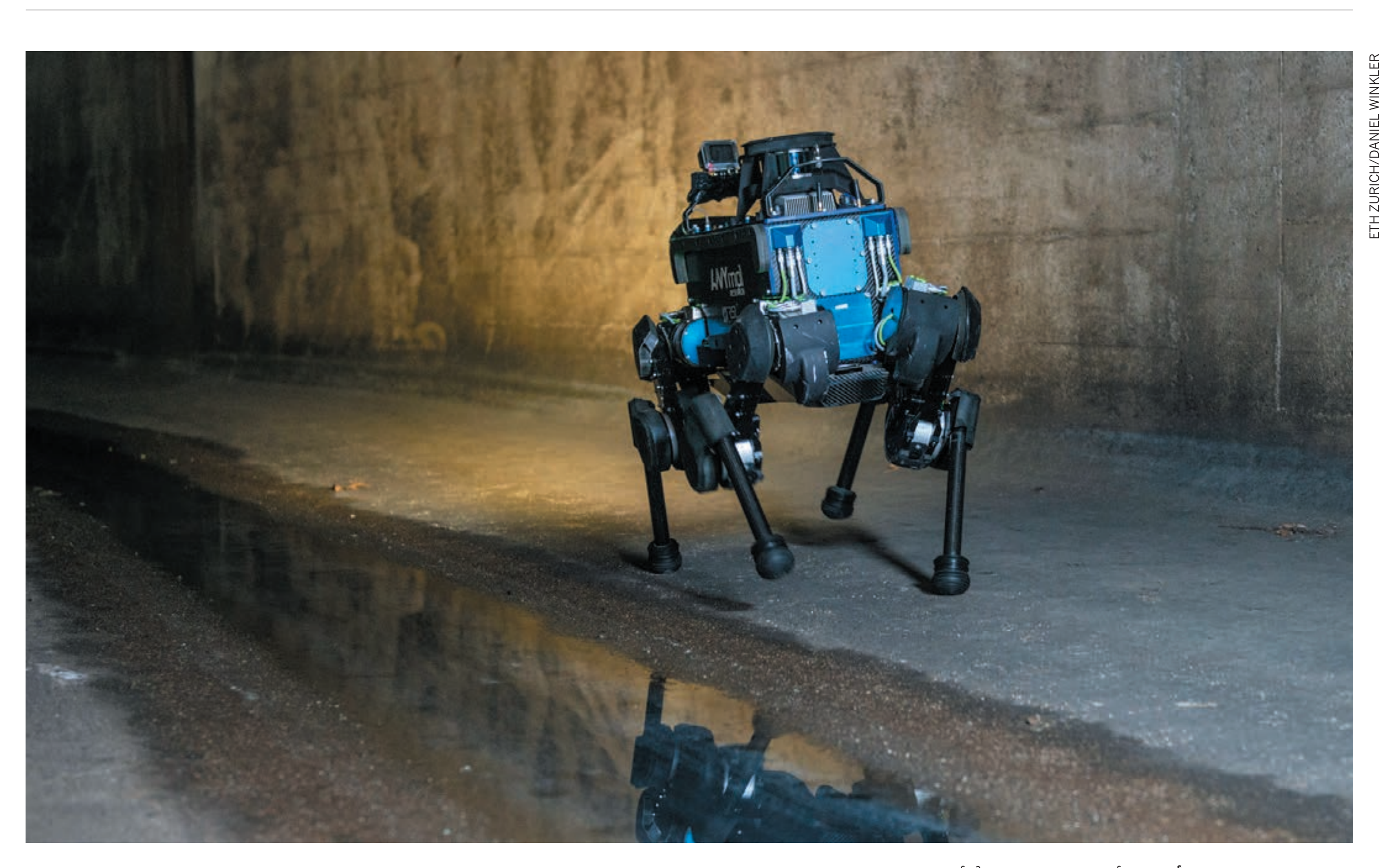
حُررت هذه المقابلة بغرض الاختصار والتوضيح.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الذكاء الاصطناعي

روبوتات ذات تناسق حركي متقن

تتعلّم الروبوتات أخيرًا المشي والجري وإمساك الأشياء بسلاسة بعد عقود من الحركة غير المتقنة. وتُنْبِئ تطورات كهذه ببداية عصر من الذكاء الصناعي تتحقق فيه المهارة الجسدية.



ETH ZURICH/DANIEL WINKLER

الشكل رقم 1: الروبوت "أنيمال". أفاد هوانجبو وزملاؤه[2] بأن استخدام منهج قائم على البيانات لتصميم برمجية الروبوت يمكنه تحسين مهارات الحركة لدى الروبوتات. وشرحوا هذا المنهج، مستعينين بالروبوت «أنيمال» رباعي الأرجل، الذي يعادل حجمه كلبًا متوسط الحجم.

هود ليبسون

تنطلق صغار الحيوانات راكضة عبر الحقول، وتتسلق الأشجار. وفي حالة سقوطها، فإنها سريعًا ما تعاود الوقوف بسلاسة تثير الحسد[1]. ويستطيع البشر، على غرار أبناء عمومتهم من الرئيسيات، استخدام أصابع الإبهام المقابل لديهم، وتوظيف المهارات الحركية الدقيقة، لأداء مهام معينة، مثل تقشير ثمرة كليمونتين، دون مجهود، أو تحسُّس المفاتيح؛ بحثًا عن المفتاح المناسب في رواق مظلم. وبالرغم من أن المشي وإمساك الأشياء سهلان لكثير من الكائنات الحية، فمن المعروف عن الروبوتات رداءة حركات المشي وضعف أدائها في المهارات اليدوية حتى الآن.

وفي دراسة نُشرت في مجلة «ساينس روبوتكس» *Science Robotics*، قدّم هوانجبو وزملاؤه[2] أدلة مثيرة للاهتمام على أن المنهجيات القائمة على البيانات لتصميم برمجيات روبوتية قد تتغلب على تحدٍّ قائم منذ فترة طويلة، في أبحاث الروبوتات والذكاء الاصطناعي، وهو تحد يُطلق عليه الفجوة بين المحاكاة والواقع. فعلى مدار عقود، وجّه علماء الروبوتات أطرافَ الروبوتات، مستخدمين برمجيات صُممت بناءً على أساس من نماذج رياضية تنبؤية، تُسمى بـ«نظريات التحكم الكلاسيكية»، غير أن هذا النهج أثبت عدم كفاءته عند تطبيقه على ما بدا بالوهلة الأولى كمشكلةٌ بسيطةٌ، تتمثل في توجيه أطراف الروبوتات في أثناء مهام المشي والتسلق والإمساك بأشياء متنوعة الأشكال.

يبدأ الروبوت حياته عادة في عملية محاكاة. فعندما تحقِّق برمجيته التوجيهية أداءً جيدًا في العالَم الافتراضي، تُوضع هذه البرمجية في جسدٍ آلي، ثم تُرسل إلى العالَم المادي. وهناك سيواجه الروبوت، لا محالة، اضطرابات في البيئة لا حصر لها، ويصعب التنبؤ بها. تتضمّن الأمثلة على تلك المشاكل العقبات المتصلة بالاحتكاك السطحي، والمرونة الهيكلية، والاهتزازات، وتأخر أجهزة الاستشعار والمُشغلات سيئة التوقيت (وهي أجهزة تحوِّل الطاقة إلى حركة). ولسوء الحظ، يستحيل توصيف هذه المشكلات بشكل كامل ومسبَق باستخدام الرياضيات. وكنتيجة لهذا، فإنه حتى الروبوتات التي حققت أداء ممتازًا في المحاكاة، ستتعثّر وتسقط بعد مواجهة القليل من العوائق المادية، التي تبدو بسيطة في الظاهر.

طرح هوانجبو وزملاؤه سبيلًا لتجاوُز تلك الفجوة الأدائية، من خلال المزج بين نظرية التحكم الكلاسيكية، وتقنيات تعلّم الآلة. فبدأ الفريق بتصميم نموذج رياضي تقليدي لروبوت رباعي الأرجل، يعادل في حجمه كلبًا متوسط الحجم، وأطلقوا عليه اسم «أنيمال» ANYmal (الشكل 1). بعد ذلك، جمّع الفريق البيانات من المُشغّلات التي توجه حركات أطراف الروبوت، واستخدموا تلك المعلومات لتغذية أنظمة متعددة لتعلّم الآلة، تُعرف بالشبكات العصبية، لبناء نموذج ثانٍ قادر على التنبؤ تلقائيًّا بالحركات غير المألوفة لأطراف الروبوت «أنيمال». وأخيرًا، زرع أعضاء الفريق الشبكات العصبية المُدرَّبة في النموذج الأول من الروبوت، وبدأوا تشغيل النموذج الهجين في محاكاة على جهاز كمبيوتر سطح مكتب عادي.

كان المُحاكي الهجين أسرع وأكثر دقةً من المحاكي القائم على النماذج التحليلية. لكن الأهم من ذلك، هو أن استراتيجية الحركة حققت عند اختبارها في العالَم المادي مستوى النجاح نفسه الذي حققته في المحاكاة، عندما جرى تحسينها في المحاكي الهجين، ثم نقلها إلى جسد الروبوت. وتشير هذه الطفرة - التي طال انتظارها - إلى تبدد الفجوة بين المحاكاة والواقع، والتي بدت عصية على الحل.

يدل المنهج الذي استخدمه هوانجبو وزملاؤه على طفرة كبرى أخرى في مجال علم الروبوتات. والنماذج الهجينة هي الخطوة الأولى نحو هذه الطفرة. أما الخطوة التالية، فستكون إيقاف العمل بالنماذج التحليلية كليًّا لصالح نماذج تعلُّم الآلة التي تدربت باستخدام البيانات المُجمّعة من بيئة الروبوت الفعلية. وهذه المناهج المعتمدة كليّة على البيانات – والتي يُشار إليها بالتدريب من طرف إلى طرف - تكتسب زخمًا، وقد سُجلت بالفعل عدد من التطبيقات المبتكرة لها، تضمنت أذرع روبوتية مفصليّة[3]، وأيدٍ آلية متعددة الأصابع[4]، وطائرات بدون طيار[5]، بل وسيارات ذاتية القيادة[6].

في الوقت الحالي، لا يزال علماء الروبوتات يتعلمون تسخير قوة الحوسبة السريعة، ووفرة بيانات أجهزة الاستشعار، والتحسينات في جودة خوارزميات تعلُّم الآلة. وليس واضحًا بعد ما إذا كان الوقت قد حان لتتوقف الجامعات عن تدريس نظرية التحكم الكلاسيكية، أم لا، لكنني أعتقد أن إمارات إخفاقها قد ظهرت بالفعل؛ فعلماء الروبوتات المستقبليون لن يعطوا بعد الآن أوامر توضح للروبوتات كيفية المشي، بل سيتركون الروبوتات تتعلم بمفردها، باستخدام البيانات التي جمعتها أجسادها ذاتها.

ولا يزال كثير من التحديات قائمًا بالطبع، وأهمها هو تحدي قابلية التوسع، فحتى الآن طُبق التدريب من طرف إلى طرف على الروبوتات الميكانيكية التي تملك عددًا قليلًا فحسب من المشغّلات. فكلما قل عدد المشغّلات، قلت المُعلّمات اللازمة لوصف حركات الروبوت؛ ومن ثم كان النموذج أبسط. إن الطريق للوصول إلى قابلية التوسع سوف يتضمن - على الأرجح - استخدام هياكل تعلُّم آلة نموذجية، تتسم بدرجة أكبر من الترتيب الهرمي. ويلزم إجراء مزيد من الأبحاث؛ لمعرفة ما إذا كان يمكن توسيع نطاق التحكم من طرف إلى طرف؛ لتوجيه آلات معقدة تملك عشرات من المُشغلات، بما فيها الروبوتات التي تملك بِنْية بشرية[7]، أو الأنظمة الكبرى، مثل المنشآت الصناعية، أو المدن الذكية؛ أي المناطق الحضرية التي تَستخدِم التكنولوجيا الرقمية لتحسين حياة المواطنين.

هناك تحدٍّ آخر، لكنه شخصيّ، أكثر من كونه تقنيًّا. ففي منظور بعض الباحثين، الانتقال من استخدام النماذج الرياضية البسيطة نسبيًّا إلى تطبيق أنظمة الصندوق الأسود البرمجية المرتبطة بتعلّم الآلة - التي تكون فيها العمليات الداخلية غير معروفة – يعد مؤشرًا على النهاية المؤسفة للتعلم بالاستبصار، ويجلب معه إحساسًا بفقدان السيطرة. أنا لست أحد هؤلاء الباحثين، وبالنسبة لي، هناك شيء مُرْضٍ في رؤية روبوت يتعلّم المشي بنفسه، وكأنه طفل.

إن النظرة المتعمقة التي يوفرها هوانجبو وزملاؤه يمكن وضعها في الاعتبار في سياق ألغاز العقل؛ إذ لطالما كان الوعي واحدًا من أقدم ألغاز الطبيعة البشرية[8]. ومن واقع خبرتي، أرى أن تعريفات الوعي بالذات التي ابتدعها البشر غامضة جدًّا لدرجة تصبح عندها ذات قيمة عملية ضعيفة عند تصميم برمجيات الروبوتات، لكن قد يكون العكس صحيحًا، وتقدِّم دراسة برمجيات الروبوتات نظرة متعمّقة بخصوص الأسئلة الأزلية حول العقل البشري.

يمكن للمرء أن يخمّن أن الوعي بالذات - وبالتبعية الوعي - هما في جوهرهما دلالة على قدرتنا على التفكير في أنفسنا بطريقة مجردة، أي أن نكون قادرين على المحاكاة الذاتية. ويمكنني القول إنه كلما زادت قدرة المرء على النظر إلى وقت أبعد في المستقبل، وكلما ازداد تفصيل الصورة الذهنية لأنشطته المستقبلية، ستزداد قدرته على الوعي بذاته. والآن، أصبحت الروبوتات قادرة على تعلّم المحاكاة الذاتية. وهذه الطفرة ليست مجرد تقدُّم عملي سيوفر جهدًا هندسيًّا، بل إنه كذلك بداية لعصر تتمتع فيه الروبوتات بالاستقلال الذاتي. ■

يعمل **هود ليبسون** في قسم الهندسة الميكانيكية وعلم البيانات بجامعة كولومبيا، نيويورك، نيويورك 10027، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: hod.lipson@columbia.edu

1. McNeill Alexander, R. *Principles of Animal Locomotion* (Princeton Univ. Press, 2003).
2. Hwangbo, J. *et al. Sci. Robot.* **4**, eaau5872 (2019).
3. Kwiatkowski, R. & Lipson, H. *Sci. Robot.* **4**, eaau9354 (2019).
4. OpenAI *et al.* Preprint at https://arxiv.org/abs/1808.00177 (2018).
5. Gandhi, D., Pinto, L. & Gupta, A. *IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst.* **2017**, 3948–3955 (2017).
6. Bojarski, M. *et al.* Preprint at https://arxiv.org/abs/1604.07316 (2016).
7. Kuindersma, S. *et al. Auton. Robot.* **40**, 429–455 (2016).
8. Dehaene, S., Lau, H. & Kouider, S. *Science* **358**, 486–492 (2017).

السمنة

المناطق الريفية تُسجل أعلى معدلات زيادة الوزن عالميًّا

لطالما اعتُبرت الزيادة العالمية في معدلات انتشار السمنة مشكلة تخص المناطق الحضرية. وتعارض دراسةٌ واسعة النطاق ذلك الرأي، من خلال إظهار أن زيادة الوزن في المناطق الريفية هي العامل الرئيس وراء وباء السمنة في الوقت الراهن.

باري إم. بوبكين

رَبَطَ العلماءُ بين الحياة الحضرية وارتفاع معدلات زيادة الوزن، ومرض السمنة في جميع الشرائح السكانية. ومع ذلك، ظلت الأدلة على ذلك الارتباط مستندة بشكل رئيس إلى حسابات مؤشر كتلة الجسم (BMI)؛ وهي الأداة الأكثر استخدامًا لقياس الوزن الزائد والسمنة عند إجراء الدراسات. لكن العلماء لم يدرسوا ديناميكيات تغير مؤشر كتلة الجسم في المناطق الحضرية والريفية بشكل منفصل. وفي بحث نُشر مؤخرًا في دورية *Nature*، عارض أعضاء «تعاوُن مواجهة عوامل الخطر المرتبطة بالأمراض غير المعدية[2]» NCD Risk Factor Collaboration الفكرة القائلة أن الاتجاهات العامة لمؤشر كتلة الجسم هي - في الأساس - نتيجة للحياة الحضرية.

ولطالما اعتُبرت مشكلة زيادة الوزن والسمنة على الصعيد العالمي مشكلةً تخصّ المناطق الحضرية بشكل رئيس. ويرجع ذلك في جزء منه إلى أن الخدمات الغذائية في المدن أكثر توفرًا وأسهل في الوصول إليها منها بالمناطق الريفية. كذلك يُتاح لسكان المدن مجموعة متنوعة من خيارات شراء الأطعمة والمشروبات المُعالجة بنسبة كبيرة، التي تحتوي على نسب عالية من الملح، والدهون المشبعة، والسكر، والتي غالبًا ما يُطلق عليها "الأطعمة فائقة المعالَجة التصنيعية المسبِّبة للسمنة". وفي مجتمعات عديدة منخفضة الدخل بالمناطق الحضرية، تُستهلك بالدرجة الأولى الأطعمة والمشروبات فائقة المعالَجة التصنيعية، التي تُباع في مطاعم الوجبات السريعة، والمنافذ الصغيرة للبيع بالتجزئة. ويعود ذلك غالبًا إلى أن أفراد تلك المجتمعات يعيشون فيما يُسمَّى بـ«الصحاري الغذائية»، ويُقصد بها المناطق منخفضة الدخل، التي تكون فيها تلك الأطعمة المصنَّعة هي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الشكل 1| تسهم التغييرات التي تطرأ على الإمدادات الغذائية في المناطق الريفية في تزايد المعدلات العالمية للسمنة. وتكشف الدراسة[2] التي أجراها تعاوُن مواجهة عوامل الخطر للأمراض غير المعدية أن الزيادات في مؤشر كتلة الجسم لدى سكان الريف في معظم مناطق العالم، بما في ذلك البلدان ذات الدخل المنخفض، والمتوسط، هي التي تقود الارتفاع العالمي في معدلات السمنة. وتُعَد التغييرات التي طرأت على إمدادات الغذاء في المناطق الريفية – أي الانتقال من الاعتماد على السلع الغذائية الأساسية التقليدية (أ) إلى الأغذية الحديثة فائقة المعالَجة التصنيعية (ب) – بالاقتران مع توفر وسائل النقل ذات المحركات، ومعدات الزراعة الآلية في المناطق الريفية من العوامل التي أسهمت في ذلك. وتُظْهِر الصورة (أ) أحد أسواق الشوارع في ينومولا بالي بولاية أندرا براديش في الهند، بينما تُظْهِر الصورة (ب) متجرًا ريفيًّا في قرية بوتابارثي بولاية أندرا براديش.

الوحيدة المتاحة. ومن جهة أخرى، يُنظَر إلى المناطق الريفية باعتبارها نوعًا مختلفًا من الصحراء الغذائية، حيث يستهلك الناس محصول مَزارعهم وحدائقهم بشكل أساسي، كما تتاح لهم فرص أقل للحصول على الأغذية فائقة المعالَجة التصنيعية، والأغذية المُعلَّبة.

فضلًا عن ذلك، يتمتع سكان المدن بخيارات أفضل فيما يخص وسائل النقل والمواصلات، وبإمكانية أكبر للحصول على الهواتف الذكية، والتمتع بالبث التليفزيوني، إلى جانب فرص أكثر لأداء أنشطة ترفيهية غير بدنية، مقارنة بقاطني المناطق الريفية. كما أن سكان المدن لديهم فرص أكثر للعمل في مهن ووظائف لا تتطلب مجهودًا بدنيًّا كبيرًا. ولا شك أن كل هذه العوامل تحدّ من الطاقة البدنية المستهلَكة. وعلى النقيض من ذلك، عادة ما يُنظر إلى المناطق الريفية على أنها أماكن يسبب فيها العملُ الشاق في المزارع، والغابات، فضلًا عن الأنشطة المتعلقة بالتعدين، إلى ارتفاع مستويات الطاقة البدنية المستهلَكة. وكان يُعتقد سابقًا أن مستويات النشاط البدني في المناطق الريفية أعلى بكثير منها في المدن، وبالتالي فإن احتمال زيادة الوزن في المناطق الريفية كان أقل بكثير منه لدى سكان المدن.

كما أظهرت الأبحاث أنه في بعض البلدان منخفضة الدخل، مثل الصين، يتبع قاطنو المناطق الحضرية أنظمة غذائية تختلف اختلافًا واضحًا عن نظرائهم[3] في المناطق الريفية. ففي العقدين الماضيين، عزَّز التحول نحو اتباع أنظمة غذائية مسبِّبة للسمنة من معدلات زيادة الوزن، كما زاد من خطر الإصابة بالمشكلات الصحية المرتبطة بالأمراض المزمنة في المناطق الحضرية في الصين[3].

لكن أشارت نتائج بحوث إلى أن معدلات زيادة الوزن، والسمنة تزداد بوتيرة أسرع في المناطق الريفية عنها في المناطق الحضرية، حتى في العديد من البلدان ذات الدخل المنخفض، والمتوسط (LMICs)[4]. ومن المحتمل أن يكون ذلك مرتبطًا بحقيقة أن المناطق الريفية في البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط بدأت تشبه المناطق الحضرية، لأن الإمدادات الغذائية الحديثة قد صارت متاحة[5] لها (الشكل 1)، وذلك بالتزامن مع توفُّر معدات آلية تُستخدم في الزراعة والنقل بأسعار رخيصة. وحاليًّا، صارت الأطعمة فائقة المعالَجة التصنيعية جزءًا لا يتجزأ من الأنظمة الغذائية للفقراء في تلك البلدان. وتفيد تقارير بأنه حتى الأطفال الرضع صاروا يتغذون على تلك الأطعمة[6]. وعلى الرغم من هذه الملاحظات، ركزت غالبية الجهود في مجالَي البحوث، ووضع السياسات على مواجهة الزحف نحو الحياة الحضرية، باعتبار أنه مسبب أساسي للسمنة، لأن التفكير السائد لا يزال يرتكز على أن قاطني المناطق الريفية أكثر عرضة بدرجة كبيرة للجوع، وسوء التغذية، أكثر مما يعدون عرضة لعوامل زيادة الوزن.

جميع البحوث السابقة حول اتجاهات مؤشر كتلة الجسم استندت إلى بيانات محدودة، وركّزت إما على البلدان ذات الدخل المنخفض، والمتوسط، أو على البلدان[4] مرتفعة الدخل. وفي هذا السياق، تُعَد الورقة البحثية التي نشرها تعاوُن مواجهة عوامل الخطر المرتبطة بالأمراض غير المعدية بمثابة دراسة رائدة، لأنها تجمع أحدث البيانات من جميع البلدان تقريبًا؛ لدراسة الاتجاهات العالمية لمؤشر كتلة الجسم بشكل شامل. وتشير النتائج إلى أن معدلات زيادة الوزن والسمنة أعلى بالفعل في المناطق الريفية، مقارنة بالمناطق الحضرية في جميع البلدان مرتفعة الدخل، كما تشير أيضًا إلى أن معدل تغير الوزن في العديد من البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط قد بلغ حدًّا يشير إلى أن مستويات زيادة الوزن والسمنة في المناطق الريفية في طريقها إلى أن تُضاهي - إنْ لم تتجاوز - نظيراتها في المناطق الحضرية. وقد أخذت زيادة الوزن والسمنة تحل محل نقص الطعام، والهُزَال، والتقزم في المناطق الريفية بوتيرة سريعة في معظم مناطق العالم، باستثناء جنوب الصحراء الأفريقية الكبرى، وجنوب آسيا، وقلة من البلدان في مناطق أخرى.

وتُعَد هذه النتائج شديدة الأهمية، لأن التركيز الرئيس لبرامج الوقاية من السمنة وسياساتها اللتين تستهدفان مناطق جغرافية بعينها على الصعيد العالمي كان عادةً ما ينصَبّ على علاج مشكلة السمنة في المناطق الحضرية. وتشمل الأمثلة على التدخلات الموجهة إلى المناطق الحضرية سياسات مشجعة على أداء النشاط البدني؛ مثل «مسارات الدراجات»، التي تُعرف بـ*ciclovias* في أمريكا اللاتينية؛ والتي تُغلَق فيها شوارع المدن أمام السيارات؛ لتحفيز الناس على المشي، وركوب الدراجات. ومن الأمثلة كذلك، تشييد طرق ومسارات للدراجات في المناطق الحضرية، وتصميم المباني الحضرية بحيث تسهم في تعزيز الحركة، والتركيز على توفير مساحات للمشي واللعب في المدن، بما في ذلك إنشاء الحدائق والمتنزهات. وكذلك عُقدت مبادرات تستهدف المدن بشكل رئيس، تتضمن التعاوُن مع تجار التجزئة والمتاجر التي تبيع المواد الغذائية. وباستثناء عدد قليل من السياسات التي استهدفت الريف، مثل توفير المتاجر التي تبيع أغذية رخيصة وصحية في المناطق الريفية النائية في المكسيك برعاية الحكومة، تَعَرَّض سكان الريف للتجاهل بشكل كبير.

إنّ الدراسة التي أجراها تعاوُن مواجهة عوامل الخطر المرتبطة بالأمراض غير المعدية تحثنا على وضع برامج وسياسات تركز على المناطق الريفية؛ للحد من انتشار زيادة الوزن فيها، حيث توجد فجوة سياساتية كبرى على مستوى العالم. ويمكن أن تمتد العديد من السياسات المالية والتنظيمية في ذلك الصدد إلى المناطق الريفية على مستوى العالم. وتتراوح تلك السياسات بين البرامج التي تجمع بين الضوابط التسويقية الشاملة، والضوابط الخاصة بالطعام المدرسي، والملصقات التي تُوضع على الأطعمة فائقة المعالَجة التصنيعية، مثل تلك التي طُبِّقت في تشيلي[7]، وبين فرض الضرائب على الأغذية والمشروبات فائقة المعالَجة التصنيعية غير الصحية، كما حدث في المكسيك[8،9]. وتتميز هذه البرامج بأنها قومية، تتطلب تشريعات قومية، وتُنفذها حاليًّا أعداد متزايدة من البلدان ذات الدخل المنخفض، والمتوسط. ومع ذلك، يجب على الدول تنسيق برامج تنظيمية ومالية متعددة، مماثلة لتلك المُطبَّقة في تشيلي؛ حتى يكون لها تأثير حقيقي في سلوكيات الأفراد الغذائية. ■

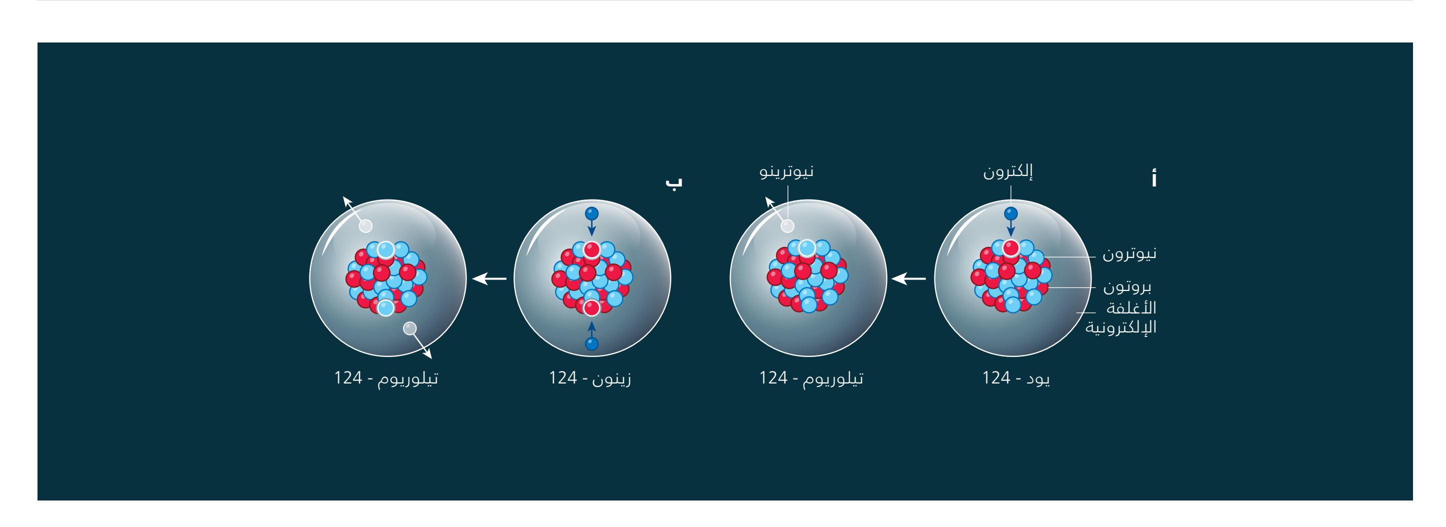
باري إم. بوبكين من قسم التغذية في كلية جيلينجز للصحة العامة العالمية بجامعة نورث كارولينا في تشابل هيل، تشابل هيل، نورث كارولينا 27516، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: popkin@unc.edu

1. Malik, V. S., Willett, W. C. & Hu, F. B. *Nature Rev. Endocrinol.* **9**, 13–27 (2013).
2. NCD Risk Factor Collaboration. *Nature* **569**, 260–264 (2019).
3. Zhai, F. Y. *et al. Obesity Rev.* **15**, 16–26 (2014).
4. Jaacks, L. M., Slining, M. M. & Popkin, B. M. *J. Nutr.* **145**, 352–357 (2015).
5. Popkin, B. M. & Reardon, T. *Obesity Rev.* **19**, 1028–1064 (2018).
6. Huffman, S. L., Piwoz, E. G., Vosti, S. A. & Dewey, K. G. *Matern. Child Nutr.* **10**, 562–574 (2014).
7. Corvalán, C., Reyes, M., Garmendia, M. L. & Uauy, R. *Obesity Rev.* **20**, 367–374 (2019).
8. Colchero, M. A., Popkin, B. M., Rivera, J. A. & Ng, S. W. *Br. Med. J.* **352**, h6704 (2016).
9. Batis, C., Rivera, J. A., Popkin, B. M. & Taillie, L. S. *PLoS Med.* **13**, e1002057 (2016).

فيزياء الجسيمات

رصْد انحلال نووي نادر

رَصَدَ كاشِفٌ كان قد صُمِّم لسبر المادة المظلمة (وهي الكتلة "المفقودة" في الكون) انحلالًا نوويًّا مُحيرًا، يسمَّى الالتقاط مزدوج الإلكترون ثنائي النيوترينوات. وهو اكتشاف له دلالات في مجال الفيزياء النووية، وفيزياء الجسيمات.



شكل 1. عملية التقاط الإلكترون، وعملية التقاط مزدوج الإلكترون ثنائي النيوترينوات. أ. يمكن أن تتحلل ذَرّة العنصر النظير اليود-124 بفترةِ عمرِ نصفٍ قدرُها 4.2 يوم، مُكوِّنةً ذرة العنصر النظير تيلوريوم-124، من خلال عملية تسمَّى التقاط الإلكترون. تقتنص نواةُ ذَرّة العنصر النظير اليود-124 أحدَ الإلكترونات من الأغلفة الإلكترونية المحيطة بها. وينتج عن ذلك تحوُّل أحد البروتونات (محاط بدائرة في الشكل) في النواة إلى نيوترون، وانبعاث نيوترينو. ب. لا تستطيع ذَرّة العنصر النظير الزينون-124 أن تُجْري تفاعل الانحلال عن طريق التقاط إلكترون، وذلك بسبب قانون بقاء الطاقة، لكنها تستطيع أن تتحلل في فترةِ عمرِ نصفٍ بالغةِ الطول إلى ذرة العنصر النظير تيلوريوم-124، من خلال عملية تسمَّى الالتقاط مزدوج الإلكترون ثنائي النيوترينوات، إذ تلتقط نواة الزينون-124 زوجًا من الإلكترونات الموجودة في الأغلفة الإلكترونية المحيطة بها، وهو ما يؤدي إلى تحول زوج من البروتونات (محاطان بدائرتين في الرسم) إلى زوج من النيوترونات مع انبعاث زوج من النيوترينوات. وقد تَمكَّن تعاوّن مشروع «زينون»[2] من قياس فترة عمر النصف لهذه العملية، ووُجِد أنها تساوي 1.8×10^{22} سنة، وهو ما يعادل تريليون مرة تقريبًا من عمر الكون.

يوني سوهونين

على مدار نصف قرن من الزمن، كانت رؤيتنا للعالَم قائمة على النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات، لكن هذه الرؤية طعنت في صحتها نظريات[1] أمكنها التغلب على بعض جوانب القصور في النموذج القياسي. وتسمح هذه النظريات باعتبار النيوترينوات كجسيمات معروفة باسم جسيمات «ماجورانا» Majorana (أي تلك الجسيمات التي لا يمكن التفرقة بينها وبين الجسيمات المضادة لها)، وتتنبأ هذه النظريات بوجود جسيمات ضخمة ضعيفة التفاعُل، (تُعرف اختصارًا بـ«ويمبس» WIMPs)، وتُعد من مكونات «المادة المظلمة» غير الظاهرة في الكون. وتتوسط نيوترينوات «ماجورانا» هذه نوعًا من أنواع تفاعلات الانحلال النووي؛ يُعرف باسم «انحلال بيتا المزدوج عديم النيوترينوات»، وهو مثال على عملية الالتقاط مزدوج الإلكترون عديم النيوترينوات. ومن الخطوات شديدة الأهمية لمشاهدة هذا الانحلال، رصد المكافئ له في النموذج القياسي؛ ألا وهو الالتقاط مزدوج الإلكترون ثنائي النيوترينوات. وفي بحث نُشِرَ مؤخرًا في دورية *Nature*، أفاد تعاوُّن مشروع «زينون»[2] XENON بأول رصد مباشر لهذا الالتقاط في أنوية العنصر النظير الزينون-124، باستخدام كاشف كان قد صُمم لرصد الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل.

تحدث جميع التفاعلات المعروفة في الكون بوساطة واحد من أربعة أنواع من القوى؛ القوى الكهرومغناطيسية، أو قوى الجاذبية، أو القوى النووية الشديدة، أو القوى النووية الضعيفة. وتتميز القوى الكهرومغناطيسية، وقوى الجاذبية - التي نصادفها في حياتنا اليومية - بمداها الطويل، وقدرتها على إحداث تأثيرها عبر مسافات شاسعة. أما القوى النووية الشديدة، فتُحْدِث تأثيرها على مسافات قصيرة، وتربط الجسيمات الأولية المعروفة باسم الكواركات بعضها بعضًا، لتكوين النيوكليونات؛ (أي البروتونات والنيوترونات) وفق مقياس فمتومتري (فمتومتر واحد = 10-15 متر). وتعمل الكمية الأضعف طويلة المدى المتبقية من القوى النووية الشديدة بدورها على ربط النيوكليونات معًا داخل أنوية الذرات. على سبيل المثال، تعمل هذه القوة المتبقية على ربط الـ124 نيوكلونًا (54 بروتونًا، و70 نيوترونًا) في نواة نظير الزينون-124. وأخيرًا، تتسم القوة النووية الضعيفة بمدى تأثير بالغ القصر، وتسبب تفكك أنوية الذرات من خلال عملية تسمَّى «انحلال بيتا النووي».

أحد أنواع انحلال بيتا النووي هو التقاط الإلكترون النووي، وفيه تلتقط النواة المدمجة داخل ذرة ما إلكترونًا من الأغلفة الإلكترونية المحيطة بها (شكل 1أ). ونتيجة لذلك، يتحول

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أحد البروتونات في النواة إلى نيوترون، وينبعث نيوترينو. ويُعرف التقاط الإلكترون، أو أي شكل آخر من أشكال انحلال بيتا، باسم التفاعل الضعيف الأقل رتبة. وفي مثل هذه العملية، يكون معدل انحلال النواة - وهو يتناسب عكسيًّا مع فترة عمر النصف لها - متناسبًا مع مربع ثابت الاقتران الضعيف، وهو مقياس لقوة القوى النووية الضعيفة. ونظرًا إلى صغر قيمة هذا الثابت، فإن فترة عمر النصف الناتجة تكون طويلة. على سبيل المثال، في حالة انحلال العنصر النظير اليود-124 إلى العنصر النظير تيلوريوم-124 بفعل التقاط الإلكترون، تكون فترة عمر النصف 4.2 يوم.

وفي بعض الحالات، يَحُول قانون بقاء الطاقة دون حدوث التقاط الإلكترون (أو أي تفاعل ضعيف آخر منخفض الرتبة). وحينئذ يمكن أن يُستكمل تفاعل الانحلال النووي من خلال عملية تتضمن تفاعلًا ضعيفًا من الرتبة الثانية، يتناسب فيها معدل الانحلال مع الأس الرابع لثابت الاقتران الضعيف، وتكون فترة عمر النصف المصاحِبة لهذه العملية بالغة الطول. وتُعتبر عملية الالتقاط مزدوج الإلكترون ثنائي النيوترينوات أحد أمثلة التفاعلات الضعيفة من الرتبة الثانية، وفي هذه العملية تلتقط النواة إلكترونين من الأغلفة الإلكترونية المحيطة بها، وهو ما يسبب تحوُّل بروتونين إلى نيوترونين، وانبعاث زوج من النيوترينوات (شكل 1ب).

يمكن اعتبار هذه العملية بمثابة عمليّتين متزامنتين من الانحلال بالتقاط إلكترون، تُحَوِّلان نواة الذرة مباشرة إلى نواة أخرى تحتوى على عدد برتونات يقل بمقدار زوج، وعدد نيوترونات يزداد بمقدار زوج عن أعدادها في الذرة الأصلية. ويُخَلِّف كل إلكترون مُلتقَط وراءه فجوة في الغلاف الإلكتروني الذي أتى منه. وتُملأ هذه الفجوات بإلكترونات ذرية أخرى، وهو ما يؤدي إلى انبعاث أشعة سينية، وإلكترونات تُعرف باسم إلكترونات «أوجيه» Auger. وتمهد مثل هذه الانبعاثات الطريق أمام الرصد المباشر لعملية الالتقاط مزدوج الالكترون ثنائي النيوترينوات داخل النواة. وقد حصل العلماء على أولى الدلائل التجريبية على هذه العملية مع العنصر النظير كربتون-78 في تجارب العد المباشر[3،4]، التي يتم فيها تسجيل كل عملية من عمليات الالتقاط مزدوج الإلكترون، واحدة تلو الأخرى، كما حصلوا عليها مع العنصر النظير باريوم-130 في الدراسات الجيوكيميائية[5،6].

وبحث تعاوّن مشروع «زينون» عن عملية انحلال العنصر النظير الزينون-124 إلى العنصر النظير التيلوريوم-124، التي تحدث من خلال عملية الالتقاط مزدوج الإلكترون ثنائي النيوترينوات، باستخدام جهاز يسمَّى «زينون 1 تي» XENON1T، يعمل ككاشف للمادة المظلمة. ويحتوي هذا الجهاز على حوالي ثلاثة أطنان من الزينون السائل فائق النقاء، وقد صُمِمَ للبحث عن تشتت الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل، التي تنطلق من أنوية الزينون[7]. ويوجد الجهاز في مختبر جران ساسو الوطني، الواقع عند سفح سلسلة جبال «جران ساسو» Gran Sasso في وسط إيطاليا، على بعد 120 كيلومترًا تقريبًا من روما. وأجرى الباحثون تجربة عد مباشر، قيست فيها انبعاثات الأشعة السينية، وإلكترونات «أوجيه»؛ للعثور على هذا الانحلال النادر. وجُمعت البيانات على مدار عام (في الفترة ما بين عامي 2017، و2018) كجزء من الجهود الرامية إلى البحث عن الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل.

وبفضل احتواء الكاشف على كمية هائلة من الزينون، حقق الباحثون أول رصد مباشر لعملية الالتقاط مزدوج الإلكترون ثنائي النيوترينوات، في أنوية العنصر النظير الزينون-124. وطبقًا لقياسات الباحثين، بلغت فترة عمر النصف لهذه العملية 1.8×10^{22} سنة، وهو ما يعادل تريليون ضعف تقريبًا من عمر الكون. وأرسى القياس الناجح لفترة عمر النصف في هذه العملية أسس التجارب الهادفة إلى الكشف عن تفاعلات الانحلال النادرة هذه في الأنوية الذرية الأخرى. وإضافة إلى ذلك، فإن استخدام الباحثين لجهاز الزينون السائل الباحث عن الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل يوفر دليلًا قاطعًا على قدرة مثل هذه الكواشف، وتعدُّد استخداماتها، لكنْ لا يوجد سوى أربعة أنواع فقط من تفاعلات انحلال بيتا المزدوج يمكن رصدها عن طريق هذه الأجهزة؛ وهي تحديدًا: انحلال العنصر النظير الزينون-124، والعنصر النظير الزينون-126، والعنصر النظير الزينون-134، والعنصر النظير الزينون-136.

ومن منطلق النظرية النووية، يمكن ربط معدل انحلال كل من الالتقاط مزدوج الإلكترون ثنائي النيوترينوات، والالتقاط مزدوج الإلكترون عديم النيوترينوات بكميات تسمَّى «عناصر المصفوفة النووية»، إذ تحمل هذه الكميات في طياتها معلومات عن البِنْية النووية المستخلَصة من النماذج النووية، ويمكن أن يستخدمها الباحثون العاملون في مجال نظرية البنية النووية. وسيساعد قياس عملية الالتقاط مزدوج الإلكترون ثنائي النيوترينوات على اختبار صحة نماذج[8] نووية مختلفة؛ تُستخدَم لحساب معدلات انحلال بيتا المزدوج. وبالإضافة إلى ذلك، فإن البيانات المكتسبة الخاصة بفترة عمر النصف ستمكننا من توليف معلمات النماذج بدقة، وهو ما يسمح للعلماء بطرح تنبؤات أكثر دقة لقيم عناصر المصفوفة النووية المصاحبة لعملية الالتقاط مزدوج الإلكترون عديم النيوترينوات، والمصاحبة أيضًا لتفاعلات انحلال بيتا المزدوجة عديمة النيوترينوات بشكل عام. وأخيرًا، ستضيف كل هذه العوامل الكثير إلى قدرة العلماء على الاستخلاص الدقيق لمعلمات النيوترينوات من البيانات التي يحصلون عليها من تجارب النيوترينوات الحالية، والمستقبلية. ■

يوني سوهونين من قسم الفيزياء بجامعة يوفاسكولا، يوفاسكولا 40014، فنلندا.
البريد الإلكتروني: jouni.t.suhonen@jyu.fi

1. Vergados, J. D. *Phys. Rep.* **133**, 1–216 (1986).
2. XENON Collaboration. *Nature* **568**, 532–535 (2019).
3. Gavrilyuk, Y. M. *et al. Phys. Rev. C* **87**, 035501 (2013).
4. Ratkevich, S. S. *et al. Phys. Rev. C* **96**, 065502 (2017).
5. Meshik, A. P., Hohenberg, C. M., Pravdivtseva, O. V. & Kapusta, Y. S. *Phys. Rev. C* **64**, 035205 (2001).
6. Pujol, M., Marty, B., Burnard, P. & Philippot, P. *Geochim. Cosmochim. Acta* **73**, 6834–6846 (2009).
7. Aprile, E. *et al. Phys. Rev. Lett.* **121**, 111302 (2018).
8. Ejiri, H., Suhonen, J. & Zuber, K. *Phys. Rep.* **797**, 1–102 (2019).

ملخصات الأبحاث

النظام الشمسي المبكر

السطح غير المتوقع للكويكب (101955) بِينو

وصلت مركبة ناسا الفضائية التي يُطلق عليها «أوزيريس-ركس» OSIRIS-Rex - وهو اختصار لمستكشف أصول الكون، والتحليل الطيفي، وتحديد الموارد، والأمن الأرضي، والتكوين الصخري - مؤخرًا إلى الكويكب القريب من الأرض (101955) «بِينو» Bennu، وهو جرم بدائي يمثل الأجرام التي ربما تكون قد جلبت الجزيئات قبل الحيوية والمواد المتطايرة، مثل الماء، إلى الأرض.

و«بِينو» هو كويكب ذو قدرة منخفضة على عكس الضوء الساقط عليه (منخفض الوضاءة)، من النوع بي، سبق ربطه بنيازك الكوندريت الكربونية الرطبة، الغنية بالمواد العضوية، وتلك النوعية من النيازك تغير خصائصها لدى انقذافها من الجرم الأصلي لها، وتلوثها بدخولها إلى الغلاف الجوي، وبفعل الجراثيم الأرضية. ولذلك، فإن الهدف الأوّلي للمهمة هو العودة بعينةٍ من «بِينو» إلى الأرض، بحيث تكون نقيّة، أي لم تتأثر بهذه العمليات. تحمل مركبة «أوزوريس-ريكس» مجموعة متطورة من المعدات؛ لتوصيف خصائص «بِينو» العامة، ودعم انتقاء موقع أخذ العينات، وتوثيق هذا الموقع بمقياس دون السنتيمتر.

في البحث المنشور، يفحص الباحثون أرصاد «أوزوريس-ريكس» الأولى للكويكب «بينو»؛ لفهْم إلى أي مدى تتطابق خصائص الكويكب مع توقعات ما قبل الوصول إليه، بالإضافة إلى تقدير إمكانية عودة العينة. ويبدو أن الجزء الأكبر من تركيب الكويكب «بِينو» غني بالماء والمواد المتطايرة، كما كان متوقعًا، إلا أنه، على النقيض من نمذجة القصور الحراري، ونسب الاستقطاب الرادارية للكويكب، التي كانت قد أشارت إلى سطح أملس بشكل عام مغطى بجسيمات سنتيمترية الحجم، يكشف التصوير عالي الاستبانة عن تنوع سطحي غير متوقع. وتفوق خصائص الكويكب من قدرة على عكس الضوء الساقط عليه، إلى قوامه، وحجم جسيماته وخشونة سطحه، قدرة معدات المركبة الفضائية على قياسها؛ فانطلاقًا من المعرفة التي توصل إليها الباحثون قبل التقاء المركبة بالكويكب، طوّروا استراتيجية أخْذ عينات، تستهدف رقعًا قُطْرها 50 مترًا من الحطام الصخري المتفكك، بأحجام حبيبية أصغر من سنتيمترين.

رصد الباحثون عددًا قليلًا فقط من المناطق التي تبدو خالية من المخاطر، ويتراوح مداها في نطاق بين 5 إلى 20 مترًا تقريبًا، والتي تشكِّل عملية أخْذ عيناتها تحديًّا جوهريًّا لنجاح المهمة.

D. Lauretta *et al*.

doi:10.1038/s41586-019-1033-6

علم الحفريات

اكتشاف جنس بشري جديد في الفلبين

قَدَّمَت عظْمة من فئة العظام المشطية الثالثة، تعود إلى أحد أشباه البشر، ومكتَشَفة عام 2007 في كهف كالاو (شمال لوزون، بالفلبين)، ويرجع تاريخها إلى 67 ألف عام، أقدم دليل مباشر على وجود البشر في الفلبين. ويشير تحليل عظْمة القدم هذه إلى انتمائها إلى كائن من جنس البشر *Homo*، ولكن لم يتضح إلى أي من أنواعه تنتمي.

في البحث المنشور، يفيد الباحثون باكتشاف اثني عشر عنصرًا إضافيًّا تعود إلى أشباه بشر، وتمثّل ثلاثة أفراد على الأقل، عُثر عليهم في الطبقة الجيولوجية نفسها من كهف كالاو، والتي عثر فيها على عظْمة المشط المكتشَفة سابقًا. تظهر هذه العينات مزيجًا من الخصائص الشكلية الأوّليّة والثانوية، التي تختلف عن مزيج الخصائص الموجودة في أنواع أخرى من جنس البشر (ومنها إنسان فلوريس *Homo floresiensis*، والإنسان العاقل *Homo sapiens*)، ويؤكد هذا المزيج انتماء هذه العينات إلى نوع جديد، يطلِق الباحثون عليه اسم إنسان لوزون *Homo luzonensis*.

إنّ وجود نوع آخر من أشباه البشر، لم تسبق معرفته شرق خط والاس خلال فترة الحقبة البلاستوسينية المتأخرة، يؤكد على أهمية جُزُر جنوب شرق آسيا في تطور جنس البشر.

D. Détroit *et al*.

doi:10.1038/s41586-019-1067-9

النظام العصبي

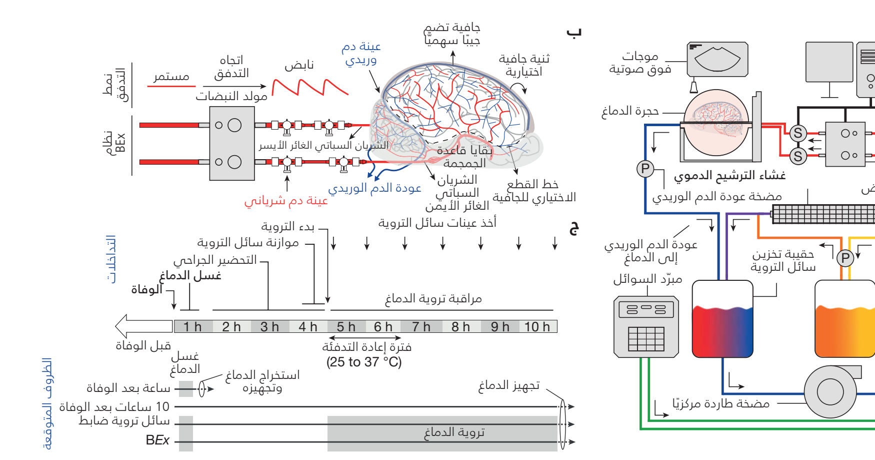
استعادة وظائف الدماغ بعد الوفاة

إن أدمغة الإنسان والثدييات الأخرى معرّضة بدرجة كبيرة لانقطاع تدفق الدم، وانخفاض مستويات الأكسجين. وفي البحث المنشور، يصف الباحثون استعادة الدورة الدموية في الأوعية المجهرية، والوظائف الجزيئية والخلوية، والحفاظ عليها في الدماغ السليم لخنزير في درجة حرارة الجسم الطبيعية خارج الجسم الحي، لمدة تصل إلى أربع ساعات بعد الوفاة. طوّر الباحثون نظام ترْوية نابض خارج الجسم، وسائل ترْوية قائمًا على الهيموجلوبين، غير خلوي، وغير قابل للتجلط، ويسهل تصويره بالصدى، وذا تأثير حامٍ للخلايا، يحفز التعافي من نقص الأكسجين، ويقلل من تلف الأنسجة الناجم عن إعادة الترْوية، ويقي من الاستسقاء، ويوفر احتياجات الدماغ من الطاقة من خلال عملية الاستقلاب.

وباستخدام هذا النظام، لاحظ الباحثون الاحتفاظ بالبنية الخلوية، وإضعاف الموت الخلوي، واستعادة استجابات توسيع الأوعية الدموية، والاستجابات الالتهابية الدبقيّة، والنشاط التلقائي للمشابك العصبية، والاستقلاب الدماغي النشط في ظل غياب للنشاط الشامل لفحص التخطيط الكهربائي لقشرة الدماغ. تُظهِر هذه النتائج أنه في ظل ظروف مواتية، يمتلك دماغ الثدييات الكبير السليم المعزول قدرةً لا تلقى ما تستحق من تقدير على استعادة الدورة الدموية في الأوعية المجهرية، واستعادة النشاط الجزيئي والخلوي بعد الوفاة بفترة مديدة.

Z. Vrselja *et al*.

doi:10.1038/s41586-019-1099-1



الشكل أسفله | نظام الترْوية BEx، وسير العمل التجريبي. أ. شكل تخطيطي مبسّط لجهاز الترْوية مغلق الدائرة. S، يرمز إلى المستشعر؛ P، يرمز إلى المضخّة. **ب**، توصيل دماغ الخنزير بجهاز الترْوية، عن طريق خطوط شريانية. يحول مولّد النبضات (PG) تدفقًا مستمرًّا إلى ترْوية نابضة. وتظهر منافذ جمع عينات دم شريانية ووريدية. في هذا الإعداد، يمكن قطع الجافية بعناية، وطيّها إلى الداخل نحو خط المنتصف؛ للوصول إلى الدماغ لإجراء التجربة؛ ويتم تطبيق رعاية جراحية؛ للتأكد من بقاء الأوردة الجسرية القشرية سليمة. يرمز R-ICA، وL-ICA إلى الشريان السباتي الغائر الأيمن، والشريان السباتي الغائر الأيسر على الترتيب؛ ج، مخطط يصور سير العمل التجريبي، وظروفه. AM تعني قبل الوفاة؛ CP تعني سائل ترْوية ضابطًا.

التفاعل الاصطناعي

إنتاج أمونيا مُحفَّز بالموليبدينوم

يُعد إنتاج الأمونيا من غاز النيتروجين أحد أهم العمليات الصناعية، لأن الأمونيا تُستخدَم كمادة خام في الأسمدة النيتروجينية. وفي الوقت الحاليّ، تتمثَّل الطريقة الرئيسة لإنتاج الأمونيا في عملية «هابر-بوش» Haber-Bosch، التي تتم تحت درجات حرارة وضغوط مرتفعة للغاية، ومن ثمَّ فإنها تعد عملية مستهلكة للطاقة بدرجة كبيرة. ويعدّ اختزال غاز النيتروجين المُحفَّز بالمعادن الانتقالية طريقة بديلة لتكوين الأمونيا. وفي أنظمة التفاعل تلك، عادةً ما تُستخدم الميتالوسينات أو جرافيت البوتاسيوم كاشف مُختزِل، وتُستخدَم بيريدينات مترافقة أو مركَّبات من النوع نفسه كمصدر للبروتونات، ولتطوير نظام ملائم للجيل القادم لتثبيت النيتروجين، يجب أن تكون هذه الكواشف منخفضة التكلفة ومتاحة بسهولة وصديقة للبيئة.

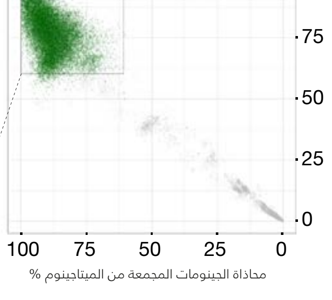
في البحث المنشور، يوضِّح الباحثون أن المزج بين ثنائي يوديد الساماريوم (II) (ويشار إليه اختصارًا باسم SmI2) والكحوليات أو الماء، يتيح تحفيز تثبيت النيتروجين من خلال مركبات الموليبدينوم في ظل ظروف البيئة المحيطة، ويمكن إنتاج ما يصل إلى 4350 مكافئ للأمونيا (حسب المحفز الذي ينتمي إلى مركبات الموليبدينوم)، بمعدل إنتاجية يبلغ 117 مكافئ في الدقيقة تقريبًا.

كمية الأمونيا المُنتَجة ومعدّل تكوُّنها أكبر بقيمة أسّية واحدة وقيمتين أسّيتين، على الترتيب، مقارنةً بالكمية والمعدل المتحققين في أنظمة التفاعل الاصطناعي التي جرى الإعلان عنها حتى الآن، ويقترب معدل التكوُّن من المعدل المرصود في وجود إنزيمات النيتروجيناز، ويتحقق هذا المستوى العالي من التفاعلية عبر عملية يتم فيها نقل الإلكترون الممتزج بالبروتون، وهي عملية تُفعَّل عبر إضعاف روابط O–H الخاصة بالماء والكحول التي تكون رابطة تساندية مع ثنائي يوديد الساماريوم.

ورغم أن التفاعل الحاليّ ليس ملائمًا لأن يُستخدم على نطاق صناعي، فإن هذا البحث يُدلّل على وجود فرصة لإجراء المزيد من البحوث في مجال تثبيت النيتروجين باستخدام العوامل الحفَّازة.

Y. Ashida *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1134-2







علم الجينوم البكتيري

مجهريات البقعة المعوية البشرية

يرتبط تكوين مجهريات البقعة المعوية (مجموع الميكروبات متعددة التراكيب التي تحيا بالأمعاء) بالصحة والمرض، لكن هناك حاجة إلى معرفة أنواع الميكروبات بهذه البقعة كل على حدة لاكتشاف أدوارها البيولوجية، ورغم الجهود المكثفة لزراعتها ووضع تسلسلها الجينومي، فإن القائمة البكتيرية الكاملة لمجهريات البقعة المعوية البشرية لا تزال غير محدّدة.

في البحث المنشور، يُحدِّد الباحثون 1952 نوع بكتيري مرشح للدراسة، غير مزروع، بإعادة بناء 92.143 جينومًا مجمّعة من الميتاجينوم، من 11850 ميكروبيوم معوي بشري. وتوسِّع هذه الجينومات غير المزروعة، بشكل كبير، القائمة الإجمالية للأنواع المعروفة من مجهريات البقعة المعوية البشرية، بزيادة قدرها 281% في تنوع السلالات التطورية، ورغم أن الأنواع المُكتشفة حديثًا أقل انتشارًا في المجموعات المدروسة جيدًا، مقارنة بالجينومات المرجعية المعزولة، فإنها تُحسِّن من تصنيف العيِّنات الإفريقية والأمريكية الجنوبية غير المدروسة كفاية، بنسبة أكثر من 200%.

تُحدد هذه الأنواع المرشحة للدراسة الشفرة الجينية لمئات من المجموعات الجينية المُخلّقة حيويًا والمكتشفة حديثًا، وتمتلك قدرة وظيفية مميزة ربما تُفسر طبيعتها المراوغة. ويوسِّع عمل الباحثين التنوّعَ المعروف في البكتيريا المعوية غير المزروعة، وهو ما يوفِّر استبانة غير مسبوقة، للتوصيف التصنيفي والوظيفي لمجهريات البقعة المعوية.

A. Almeida *et al.*

doi: 10.1038/s41586-019-0965-1

الشكل أعلاه | لا تتطابق آلاف الجينومات المجمّعة من الميتاجينوم مع الجينومات المعزولة. أ. يمينًا، الجينومات شبه المكتملة المجمّعة من الميتاجينوم (اكتمال بنسبة > 90% تلوث بنسبة <5%) التي تطابق قاعدة البيانات المرجعية البشرية (اللون الأخضر يعبر عن متوسط تشابه في الهوية النيوكليوتيدية ≥ 95% على مدى 60% على الأقل من الجينوم) وتلك التي لم يكن تصنيفها ممكنًا (باللون الرمادي). يسارًا، منظر موسّع للجينومات المجمّعة من الميتاجينوم بنسبة محاذاة لا تقل عن 60%، ملونة على أساس متوسط التشابه في الهوية النيوكليوتيدية نسبةً إلى أكثر جينوم مطابق من قاعدة البيانات المرجعية البشرية. ب، عدد من الجينومات شبه المكتملة المجمّعة من الميتاجينوم والمطابقة لقاعدة البيانات المرجعية البشرية (باللون الأزرق) وقاعدة بيانات التسلسلات المرجعية RefSeq (باللون الوردي) إلى جانب تلك التي لم تتطابق مع أي جينوم مرجعي من أي من قاعدتي البيانات.

فسيولوجيا الحيوانات

الاحترار والكائنات البحرية ذات الدم البارد

من الأهمية بمكان فهم أيّ الأنواع والنظم الإيكولوجية ستكون الأشد تأثرًا بالاحترار مع استمرار التغير في المناخ، لتوجيه عمليات المحافظة على البيئة وإدارتها، وقد تأثَّرت الحيوانات البحرية والبرية بالاحترار، لكن لا توجد مقارنة واضحة عن الحساسية الفسيولوجية له بين عالمي البحر والبر.

وكان تقييم مدى قرب المجموعات من الحدود الحرارية القصوى لها (الدرجات القصوى التي يمكنها العيش بها) مليئًا بالتحديات، ويعود ذلك في جزء منه إلى أن درجات الحرارة المتطرفة تؤدّي بشكل متكرر لاستجابات ديموغرافية، وعلاوة على ذلك، يمكن للحيوانات استخدام الملاجئ الحرارية في بيئتها لتفادي الظروف القاسية.

وفي البحث المنشور، يوضّح الباحثون أن الحيوانات البحرية ذات الدم البارد تتعرض كل ساعة لدرجات حرارة جسدية أقرب إلى حدودها الحرارية القصوى، مقارنة بنظيرتها البرية ذات الدم البارد عند جميع خطوط العرض، ولكن هكذا يكون الحال فقط عندما يتسنّى للحيوانات البرية الوصول إلى الملاجئ الحرارية.

ورغم أن هامش السلامة الحراري لا تنتج عنه توقعات مباشرة بتراجع أعداد المجموعات، فهو يعطي مؤشرًا للإجهاد الفسيولوجي الناتج عن الاحترار، وعلى اليابسة، وُجِدت أصغر هوامش السلامة الحرارية في أوساط الأنواع الكائنة عند خطوط العرض الوسطى، حيث سُجّلت أعلى درجات حرارة الجسم في الساعة، وفي المقابل، وُجِدت الأنواع البحرية التي سجلت أصغر هوامش السلامة الحرارية بالقرب من خط الاستواء.

ووجِد أيضًا أن تدمير الأنواع المحلية ذات الصلة بالاحترار كان شيوعه في المحيطات يعادل ضعف شيوعه على اليابسة، وهو ما يتّسق مع تسجيل هوامش سلامة حرارية أصغر في البحر، وتوحي النتائج التي توصَّل إليها الباحثون بأن عمليات مختلفة ستؤدّي إلى تفاقم الحساسية للحرارة عبر هذين العالمين.

وتوحي الحساسية الأعلى للاحترار ومعدلات الاستيطان الأسرع في عالم البحار بأن تدمير الأنواع سيتزايد، وأن معدل دوران الأنواع أسرع في المحيط، في مقابل ذلك، يبدو أن الأنواع البرية أكثر عرضة لفقدان القدرة على الوصول إلى الملاجئ التي تلوذ بها من ارتفاع درجة الحرارة، وهو ما يجعل تفرُّق المَوائل والتغييرات التي تطرأ على

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

استخدام الأراضي عوامل حاسمة في هلاك الأنواع على اليابسة.

M. Pinsky *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1132-4

فيزياء فلكية

وفرة الأكتينيدات في النظام الشمسي المبكر

تشير مجموعة متزايدة من الأدلة إلى أن أحداث اندماج النجوم النيوترونية الثنائية هي المصدر الرئيس للعناصر الثقيلة التي تُنتج حصريًا من خلال عملية التقاط النيوترون السريعة (عملية آر r-process). وفي ضوء ندرة وقوع أحداث اندماج النجوم النيوترونية، فمن الممكن أن تكون بضعة أحداث قريبة قد هيمنت على ترسباتها من النظائر المشعة في السديم قبل الشمسي. وعلى الرغم من أن نظائر عملية التقاط النيوترون السريعة (عملية آر) قصيرة العمر – بعمر نصف يقلّ عن 100 مليون عام - لم تعد موجودة في النظام الشمسي، فإن وفرتها في النظام الشمسي المبكر ملموسة بوضوح، إذ أن نواتجها الوليدة كانت محفوظة في المكثفات مرتفعة الحرارة التي توجد في النيازك.

في البحث المنشور، يعلن الباحثون أن وفرة نظائر عملية التقاط النيوترون السريعة (عملية آر) قصيرة العمر في النظام الشمسي المبكر تشير إلى مصدرها في أحداث اندماج النجوم النيوترونية، ويبرهنون على حدوث ترسبات كبيرة نتجت عن حدث اندماج واحد قريب. ومن خلال مقارنة عمليات المحاكاة العددية بنسب وفرة الأكتينيدات المُنتجة حصريًا من خلال عملية التقاط النيوترون السريعة (عملية آر) في النظام الشمسي المبكر، أمكن حصر معدل ظهور مواقع الإنتاج المجرّية في نطاق ما بين 1–100 تقريبًا لكل مليون عام.

يتسق هذا مع تقديرات رصد معدلات اندماج النجوم النيوترونية، لكنه يستبعد المصادر النجمية والمُستعرات العظمى. بل ووجد الباحثون أيضًا أنه ربما كان هناك حدث اندماج قريب واحد أنتج الكثير من الكوريوم وجزءاً كبيراً من البلوتونيوم الموجود في النظام الشمسي المبكر. وربما وقع هذا الحدث على بعد حوالي 300 فرسخ فلكي من السديم قبل الشمسي، قبل تكون النظام الشمسي بـ80 مليون سنة على وجه التقريب.

I. Bartos *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1113-7

علم المياه

رسم خرائط الأنهار حرّة التدفق في العالم

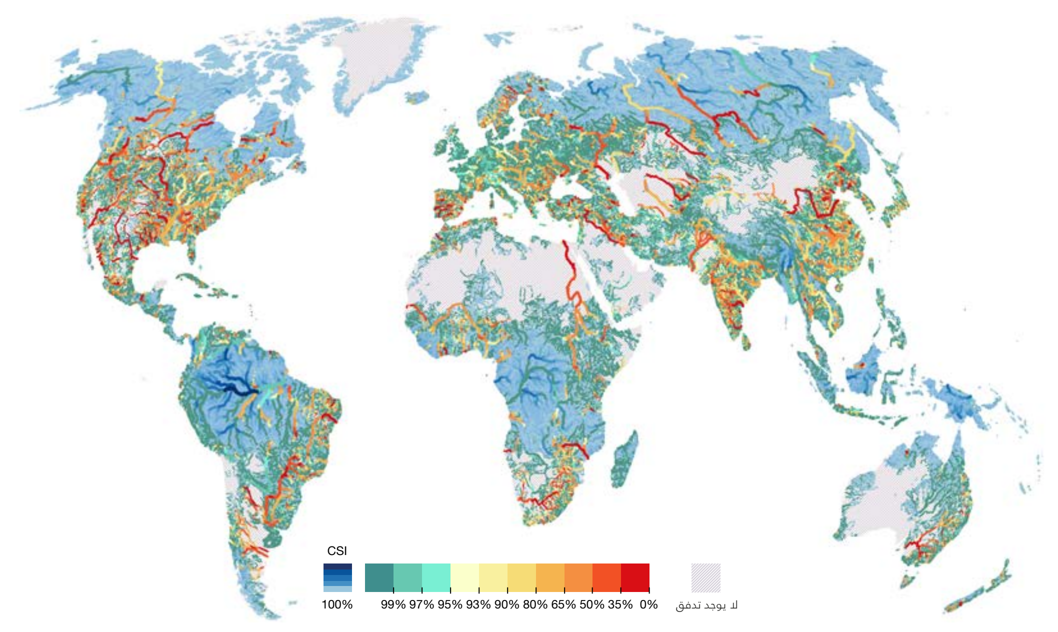
تدعم الأنهار حرَّة التدفق (FFRs) الأنظمة البيئية المتنوعة والمعقدة والديناميكية على مستوى العالم، مقدِّمة خدمات مجتمعية واقتصادية مهمة. وتهدّد عمليات تطوير البنى التحتية عمليات الأنظمة البيئية والتنوع الحيوي والخدمات التي تدعمها هذه الأنهار.

في البحث المنشور، يقيِّم الباحثون حالة اتصالية ما يصل إلى 12 مليون كيلومتر من الأنهار على مستوى العالم، ويحدّدون تلك التي لا تزال حرّة التدفق على مدى طولها كاملًا. ووجدوا أن 37% فقط من الأنهار التي يزيد طولها على 1000 كيلومتر لا تزال حرّة التدفق على مدى طولها بالكامل، و23% من الأنهار تتدفق دون انقطاع لتصبّ في المحيط. ويقتصر وجود الأنهار حرّة التدفق بالغة الطول – إلى حد كبير – على المناطق النائية من المنطقة القطبية الشمالية وحوضي الأمازون والكونغو. أما في المناطق المكتظّة بالسكان، فلا يوجد سوى عدد قليل من الأنهار بالغة الطول التي لا تزال حرّة التدفق، مثل نهري «إيروادي» Irrawaddy، و«سالوين» Salween. وتُعتَبر السدود والخزّانات - وما تسبّبانه من انتشار لتجزئة الأنهار من المنبع إلى المصبّ، ومن تنظيم لتدفق هذه الأنهار - المساهمين الرئيسيين في فقدان اتصالية الأنهار.

ويقدِّم الباحثون، من خلال تطبيق أسلوب جديد، لتقدير الاتصاليّة النهرية، ورسم خرائط الأنهار حرّة التدفق، أساسًا لاستراتيجيات عالمية وقومية منسّقة للحفاظ على هذه الأنهار، أو استعادتها.

G. Grill *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1111-9



شكل أسفله | مؤشِّر حالة الاتصالية (CSI) من بين جميع نطاقات الأنهار في قاعدة البيانات، 48.2% من الأنهار (من حيث العدد) تواجه عوائق نتيجة تناقص الاتصالية النهرية بدرجات مختلفة (CSI > 100%). تمثل درجات اللون الأزرق حجم تدفق المجرى النهري لنطاقات الأنهار التي سجلت قياسًا = 100% على مؤشر حالة الاتصالية النهرية (بحيث تشير الدرجات الأغمق إلى الأنهار الأكبر).

علم الحفريات

ديناصورات ذات أجنحة غشائية

تطوَّر الطيران بقوة الدفع الهوائية بشكل مستقلّ عند فقاريات التيروصورات والطيور والخفافيش، والتي يتميز كلٌّ منها بتكوين مختلف من العناصر العظمية وبُنى أدمة الجلد المشكّلة للأجنحة. وفي الوقت الذي تندر فيه السجلات الأحفورية المبكّرة للتيروصورات والخفافيش، فإن هناك أدلة متزايدة (بشكل أساسي من الصين)، عن ديناصورات غير طائرة من ذوات الريش، وطيور تنتمي إلى مجموعة أشمل انحدرت بشكل أساسي من العصر الجوراسي الأوسط المتأخر والعصر الطباشيري المبكر، مكّنت من التجميع المتمهِّل لمنشأ تحليق الطيور.

توضح هذه الأحفوريات، أنه بالقرب من نشأة الطيران، كانت الديناصورات وثيقة الصلة بالطيور تختبر بُنى متنوعة من الأجنحة. واحدة من أكثرها إثارة للدهشة، تلك التي تخصّ ديناصور scansoriopterygid (يتفرع من تلك العائلة كل من رتبة الثيروبودا، والمانيرابتورا) المُسمى Yi qi، الذي امتلك أجنحة غشائية - جهاز طيران لم يكن معروفًا سابقًا وسط عائلة الثيروبودا، لكن تستخدمه التيروصورات وسلالات الخفاش. ولم تحظ هذه الملاحظة بقبول عام.

في البحث المنشور، يصف الباحثون ديناصور scansoriopterygid الذي جرى التعرّف عليه حديثًا، والذي أطلقوا عليه اسم *Ambopteryx longibrachium*, gen. et sp. Nov، وهو ينتمي إلى العصر الجوراسي المتأخر. تدعم هذه العيّنة الأدلة على انتشار الأجنحة الغشائية، والعنصر إبري الشكل على نطاق واسع في عائلة scansoriopterygid، بالإضافة إلى دليل على النظام الغذائي لرتبة الثيروبودا هذه الغامضة. تُظهر تحليلات الباحثين أن التغييرات الملحوظة في بنية الجناح تطوَّرت على مقربة من انفصال scansoriopterygid وسلالة الطيور، إذ سلك كلا الفرعين الحيويين مساراتٍ مختلفة تمامًا لتصبح قادرة على الطيران. ربما تمثِّل الأجنحة الغشائية المدعومة بأطراف أمامية ممدودة التي تظهر في عائلة scansoriopterygid، تجربة قصيرة الأجل مع سلوك الطيران، وفي النهاية

جرى تفضيل الأجنحة الريشيّة خلال التطور اللاحق لنظيرات الطيور.

M.Wang *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1137-z

العلاج المناعي

منع الأعراض الجانبية للعلاج المناعي

العلاج المناعي المركب المُستهدِف لبروتين موت الخلية المبرمج - 1 (PD-1)، وللبروتين المرتبط بالخلايا الليمفاوية التائية السامة - 4 (CTLA-4) والذي يستخدم دوائي نيفولوماب وإيبيليموماب، يتسم بالفاعلية ضد الورم الميلاني، وسرطان الخلايا الكلوية، وسرطان الرئة غير صغير الخلايا. لكن لا تتحقق هذه الكفاءة إلا بثمن، وهو الإصابة بآثار جانبية مناعية خطيرة ومتكرّرة، وهو ما يقتضي خفض الجرعة الموصى بها من دواء إيبيليموماب التي يتلقاها المرضى. وفي الفئران، يتسم العلاج المشترك بالأجسام المضادة البديلة وحيدة النسيلة المناهضة للبروتينين PD-1 وCTLA-4 بالفاعلية في نماذج السرطان القابلة للزرع، ولكنه يسبب أيضًا تفاقُم التهاب القولون المناعي الذاتي.

ويوضّح الباحثون في البحث المنشور أن علاج الفئران المسبق باستخدام مثبطات عامل نخر الورم (TNF) المتاحة سريريًا قبل البدء في العلاج المناعي المركب المستهدِف لبروتيني CTLA-4 وPD-1، يُخفّف من التهاب القولون. وبالإضافة إلى ذلك، يُحسِّن من كفاءة العلاج المضاد للورم. ومن الجدير بالملاحظة، أن التعبير عن بروتين عامل النخر الورمي يزداد في أمعاء المرضى الذين يعانون من التهاب القولون بعد العلاج المزدوج بدوائي إيبيليموماب ونيفولوماب. وابتكر الباحثون نموذجًا نُقلت فيه للفئران التي تحمل كل من جين $Rag2^{-/-}$ $Il2rg^{-/-}$ خلايا دم محيطية بشرية وحيدة النواة، وهو ما سبب إصابة الفئران بداء الطعم حيال المضيف، الذي تفاقم بشدة نتيجة العلاج بدوائي إيبيليموماب ونيفولوماب. وعندما زُرعت خلايا سرطان القولون البشري كطعم أجنبي في هذه الفئران، خفف الحصار الوقائي لعامل نخر الورم البشري التهاب القولون والتهاب الكبد لدى الفئران التي خضعتْ لزراعة طعم أجنبي، وبالإضافة إلى ذلك، أُبقِي على السيطرة العلاجية المناعية على الأورام الأجنبية المزروعة.

توفِّر النتائج للباحثين استراتيجيات يمكن تحقيقها إكلينيكيًا، للفصل بين الفعالية والأعراض السامة لدى استخدام الحصار المركب لنقاط التنظيم المناعي في العلاج المناعي للسرطان.

E. Perez-Ruiz *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1162-y

فيزياء فلكية

مواد وشاح الجانب البعيد من القمر

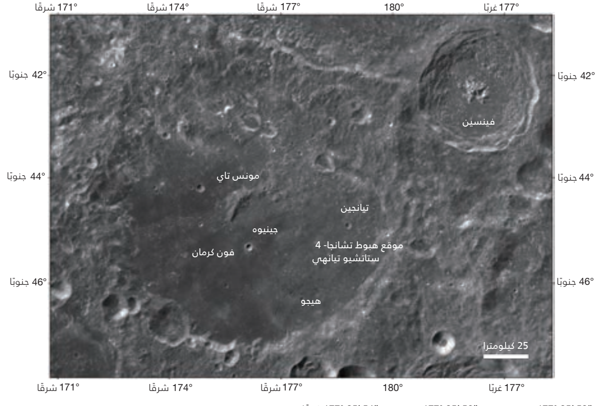
كشف أكثر من 60 عامًا من الاستكشاف من خلال المركبات الفضائية، أن قمر الأرض يتميَّز بقشرة قمرية يهيمن عليها البلاجيوكليز المعدني، الذي يعلو وشاحًا أكثر مافيّة (أكثر ثراءً بالحديد والماغنسيوم) له تكوين غير مؤكد. وقد تَشكّلت القشرة والوشاح خلال المراحل الأولى من تطوّر القمر، عندما تسببت طاقة تراكمية في مرحلتها الأخيرة، في محيط صخري منصهر (صهارة)، وطفو البلاجيوكليز الخفيف، وغرق المعادن الأكثر كثافة الغنية بالحديد، مثل الأوليفين والبيروكسين، وفي النهاية التصلب. ومن المحتمل أن تستطيع الفوهات التصادميّة الكبيرة جدًا اختراق القشرة والحصول على عيّنات من الوشاح القمري. أكبر هذه الفوهات هو حوض «أيتكين في القطب الجنوبي» (SPA)، الذي يبلغ قطره 2,500 كيلومتر تقريبًا، ويقع على الجانب البعيد من القمر.

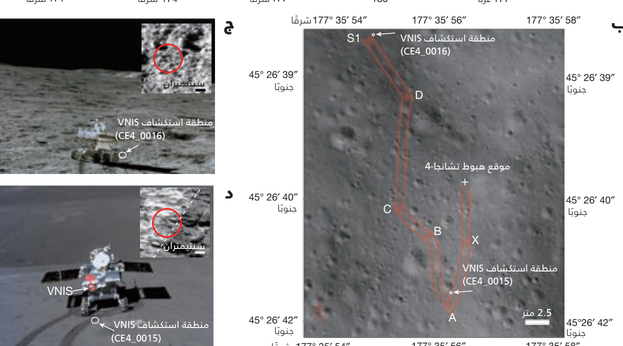
توضح الدلائل التي جرى الحصول عليها من مركبة فضائية مدارية إلى أن قاع حوض أيتكين غني بالمعادن المافيّة، غير أن منشأها الوشاحي محط جدل، وأوضاعها الجيولوجية في الموقع غير معروفة جيدًا. هبطتْ مؤخرًا المركبة الصينية «تشانجا-4» Chang'E-4 على الجانب البعيد من القمر، في فوهة «فون كارمان» Von Kármán لاستكشاف أرضية حوض أيتكين الضخم وأطلقت جوّالها «يوتو-2» Yutu-2.

في البحث المنشور، يستعرض الباحثون الأرصاد الطيفية الأوّلية لمطياف الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء القريبة (VNIS) على متن «يوتو-2»، والتي يفسّرها الباحثون على أنها تمثل وجود (أورثو) بيروكسين وأوليفين منخفض الكالسيوم، وهي مواد قد يكون منشأها الوشاح القمري. وتشير البيئة الجيولوجية إلى أن هذه المواد قد جرى استخراجها من أسفل قاع حوض أيتكين، بفعل حدث فوهة «فينسين» Finsen التصادمية القريبة التي يبلغ قطرها 72 كيلومترًا، ثم انتقلت إلى موقع الهبوط. سوف يستهدف الاستكشاف المستمر لجوال «يوتو-2» هذه المواد على أرضية فوهة فون كارمان، لفهم بيئتها الجيولوجية، ومنشأها ووفرتها، ولتقييم إمكانية سيناريوهات عودة العينات.

C. Li *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1189-0





الشكل أسفله | مواقع هبوط تشانجا-4 وقياسات مطياف الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء القريبة VNIS. أ، موقع هبوط تشانجا-4 على خريطة جوية رقمية مصحَّحة الأبعاد هندسيًا، درجة استبانتها 7 أمتار، التقطها المسبار تشانجا-2. **ب،** خريطة عبور الطوافة «يوتو-2»، ومواقع كشف مطياف الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء القريبة للنقطتين S1 (CE4_0016) وA (CE4_0015) خلال اليوم القمري الأول. تمثل الخطوط الحمراء آثار عجلات «يوتو-2». **جـ، د،** صور مطياف الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء القريبة في أثناء إجراء الكشف الطيفي للنقطتين S1 و A على سطح القمر. التقطت الصور كاميرا «تيراين» Terrain. الصورتان الصغيرتان المدرجتان داخل الصورتين الكبيرتين هما صورتان ذاتا نطاق يبلغ 600 نانومتر للنقطتين S1، وA، أمكن الحصول عليهما باستخدام مطياف الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء القريبة. توضِّح الدوائر الحمراء مجال رؤية الكاشف «سوير» SWIR، ويمثِّل الخط الأبيض المتقطع الحدَّ الفاصل بين آثار عجلات المتجول وسطح القمر.

ديناميكا جيولوجية

التطور الحراري للمريخ

إن تطور المريخ، وبِنيته الباطنية غير معروفين بشكل جيد، مقارنةً بما نعرفه عن سطحه في يومنا هذا، على الرغم من وجود أدلة على نشاط بركاني حديث تشير إلى أن جوفه العميق ما زال ساخنًا، ويبرد من خلال انتقال الحرارة بالحمل. ويرتبط معدل تبريد المريخ بحالته الحرارية القديمة، وبخصائصه الفيزيائية المتعلقة بتشوُّه مواده، والتي تحدد قدرته على التشوه، وعلى التطور الديناميكي. وتتسم محاولات إعادة تصوّر التاريخ الديناميكي للمريخ، والكشف عن بِنْيَته الحالية - من خلال الدمج بين دراسة التطور الحراري، وأرصاد السطح - بالقصور؛ بسبب التفاعل المتبادل بين عدة عناصر كمية محورية؛ من بينها درجة الحرارة، والتركيب، والخصائص الفيزيائية المتعلقة بتشوه المواد (الريولوجيا).

في البحث المنشور، يوضح الباحثون أنه من خلال التمعن في تاريخ القمر «فوبوس» Phobos، القمر التابع الأقرب إلى المريخ - الذي يحكّم تطوره المداري التاريخ الكيميائي الحراري للمريخ، من خلال تفاعلات المد والجزر- يستطيع الباحثون تكوين رؤية واضحة عن التاريخ الحراري للمريخ، وخصائص الكوكب الفيزيائية المتعلقة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بتشوُّه مواده، إذ درس الباحثون التطور طويل الأجل للأغلفة الرئيسة للمريخ؛ وتشتمل هذه على لب فلزي سائل، يعلوه وشاح متجانس حامل للحرارة من السيليكات، يقع أسفل غطاء خارجي صلب غير متجانس وآخذ في التطور، يتضمن قشرة تزخر بالعناصر الناتجة من الانحلال الإشعاعي.

ومن خلال استغلال العلاقة التي تربط المريخ بقمر «فوبوس» في إطار سيناريو ثابت في الموضع عن الأصل المبكر لقمري المريخ، وجد الباحثون أنه - في البداية - كان المريخ أكثر سخونة نوعًا ما (بمقدار 100 إلى 200 كلفن) مما هو عليه اليوم، وأن وشاحه تَشوَّه ببطء في ظل نظام زحف الانخلاع. ويتسق ذلك مع قياس لُزُوجة مرجعية تبلغ 1022.2 ± 0.5 باسكال ثانية (تدل علامة ± على حدّي المدى؛ الأدنى والأقصى على نطاقه بالكامل)، كما يتسق مع قياس حساسية متأصلة للزوجة تجاه درجة الحرارة والضغط تتسم بأنها متوسطة إلى ضعيفة نسبيًّا.

يتنبأ نهج الباحثين بأن يبلغ متوسط سمك القشرة الحالي 40 ± 25 كيلومتر، وأن يبلغ تدفق حرارة السطح 20 ± 1 ملي واط لكل متر مربع. ويوضح الباحثون أن الجمع بين هذه التنبؤات، والبيانات المستمدة من البعثات الفضائية المستقبلية والجارية - مثل مركبة «إنسايت» InSight - يمكن أن يقلل من مستويات عدم التيقن فيما يتعلق بالتاريخ الحراري والخصائص الفيزيائية لتشوه المواد على المريخ، وأن يساعد في كشف الستار عن أصل القمر «فوبوس».

H. Samuel *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1202-7

تكنولوجيا حيوية

تخليق كُليّ للإشريكية القولونية

تَستخدِم الطبيعة 64 كودونًا لترميز تخليق البروتينات من الجينوم، وتختار كودونًا دالًّا واحدًا من بين ما يصل إلى 6 مرادفات؛ لترميز كل حمض أميني. وعملية اختيار الكودونات المترادفة لديها أدوارًا مهمة ومتنوعة، وكثيرًا من البدائل المترادفة ضارة.

في البحث المنشور، يوضح الباحثون أنه بالإمكان تقليل عدد الكودونات المستخدَمة في ترميز الأحماض الأمينية القياسية، عن طريق عملية إحلال للمرادفات المحدَّدة مَحل الكودونات المستهدَفة، على نطاق الجينوم. فقد خلّق الباحثون بديلًا للإشريكية القولونية *Escherichia coli*، يحمل جينومًا اصطناعيًّا، طوله 4 ميجا قاعدة، عن طريق تخليق كُلّي متقارب عالي الدقة.

يقدم الجينوم الاصطناعي الذي ابتكره الباحثون مُخططًا محددًا لإعادة الترميز، وإعادة التصميم، يحتوي على تغيرات في المُخطط عند سبعة مواضع فقط، لاستبدال كل تكرارٍ معروفٍ لكودونين دالّين، وكودونِ إيقاف في الجينوم. وهكذا، يعيد الباحثون ترميز 18,214 كودونًا؛ لتخليق عُضيّة تحمل جينومًا ذا 61 كودونًا؛ تستخدم هذه العضيّة 59 كودونًا لترميز الأحماض الأمينية العشرين، وتتيح حذف الحمض النووي الريبي الناقل، الذي كان ضروريًّا في السابق.

J. Fredens *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1192-5

الجهاز الهضمي

فك طلاسم أمراض الأمعاء الالتهابية

تصيب أمراض الأمعاء الالتهابية؛ التي تشمل داء كرون، والتهاب القولون التقرحي، عدة ملايين من البشر في جميع أنحاء العالم. ويُعتبر داء كرون، والتهاب القولون التقرحي مرضين معقدين، إذ تتباين أشكالهما على المستويات الإكلينيكية، والمناعية، والجزيئية، والجينية، والميكروبية. وقد مثلت العوامل الفردية المساهمة في الأمراض بؤرة اهتمام للأبحاث المكثفة. ومن هنا، كجزء من مشروع الميكروبيوم البشري التكاملي، الذي يُعرف اختصارًا بـ(HMP2)، أو (iHMP)، تابع الباحثون 132 فردًا لمدة سنة واحدة لكل منهم؛ لوضع توصيفات جزيئية طولية تكاملية لنشاط المضيف، والنشاط الميكروبي في أثناء المرض (وذلك في أثناء ما يصل إلى 24 نقطة زمنية لكل فرد؛ ومن خلال ما مجموعه 2965 من عينات البراز، وخزعات الأنسجة، وعينات الدم).

ويقدم الباحثون في البحث المنشور نتائج توفر نظرة شاملة على اختلال التوازن الميكروبي الوظيفي في الميكروبيوم المعوي في أثناء فترة نشاط داء الأمعاء الالتهابي. ويوضح الباحثون وجود زيادة مميزة في البكتيريا اللاهوائية المخيَّرة على حساب البكتيريا اللاهوائية المجبَرة، فضلًا عن اضطرابات جزيئية في عملية النسخ الميكروبي - في بكتيريا المطثيات (clostridia) على سبيل المثال - وتجمّعات من مركبات أيضية؛ (كمركبات الأسيل كارنتين، وأحماض المرارة، والأحماض الدهنية قصيرة السلسلة). كما يدلل الباحثون على وجود مستويات من الأجسام المضادة في مصل الدم لدى المضيف. وقد تميّزت فترات نشاط المرض أيضًا بزيادات في التغيرات الزمانية، مع تغييرات تصنيفية، ووظيفية، وكيميائية حيوية مميزة.

وأخيرًا، حدد التحليل التكاملي العوامل الميكروبية، والكيميائية الحيوية، وتلك الخاصة بالمضيف، التي تُعَدّ سببًا رئيسًا في هذا الخلل التنظيمي. كما تقدم موارد البِنْية الأساسية للدراسة، ونتائجها، وبياناتها - المتاحة من خلال قاعدة البيانات متعددة «الأوميات» omics لأمراض الأمعاء الالتهابية (http://ibdmdb.org) - الوصف الأكثر شمولًا حتى الآن لأنشطة المضيف، والنشاط الميكروبي في أمراض الأمعاء الالتهابية.

J. Lloyd-Price *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1237-9

فيزياء الفضاء

ناتج اندماج نجمين قزمين أبيضين

يمكن أن يؤدي انبعاث موجات الجاذبية إلى اندماج الأزواج القريبة من الأجرام المضغوطة التي تدور حول بعضها البعض. في حالة النجوم النيوترونية، قد تتمخض عمليات الاندماج هذه عن كتل تتجاوز حد كتلة تولمان-أوبنهايمر-فولكوف (حدتوف) (من 2 إلى 2.7 كتلة شمسية)، مما يؤدي إلى تكوّن ثقوب سوداء. أما في حالة النجوم القزمية البيضاء، قد تتجاوز كتلة ناتج الاندماج حد شاندراسيكار، مما يؤدي إمّا إلى انفجار نووي حراري في صورة مُستعر أعظم من النوع 1a، أو إلى انهيارٍ، مكوِّنًا نجمًا نيوترونيًّا. ومن المتوقع أن ينتج عن حالة الانهيار تكّون سديم نجمي دوّار، خالٍ من الهيدروجين والهيليوم، ونجم مركزي متوهج ساخن سريع الدوران، وعالي المغنطة، عمره حوالي 10 آلاف سنة.

في البحث المنشور، يستعرض الباحثون أرصاد نجم ساخن، ذي طيف تهيمن عليه خطوط الانبعاث، يقع عند مركز سديم دوّار عند الأشعة تحت الحمراء المتوسطة. يشير عرض خطوط الانبعاث إلى أن مادة الرياح تترك النجم بسرعة تدفق خارجي تبلغ 16 ألف كيلومتر في الثانية، وأن الدوران النجمي السريع والمجال المغناطيسي القوي يعززان تسارع الريح. وبالنظر إلى أن الهيدروجين والهيليوم غير موجودين - على الأرجح - في النجم والسديم، يستنتج الباحثون أن كلا الجُرمين تَشَكّلا مؤخرًا من اندماج نجمين قزمين أبيضين.

تشير نماذج الباحثين الخاصة بالغلاف الجوي النجمي والرياح النجمية إلى درجة حرارة لسطح النجم تصل إلى حوالي 200 ألف كلفن، وسطوع يبلغ حوالي 104.6 سطوع شمسي. وتتفق خصائص النجم والسديم مع نماذج تطوُّر ما بعد الاندماج، الخاصة بالنجوم القزمية البيضاء، التي تفوق كتلة شاندراسيكار، والتي تتنبأ بحدوث حدثٍ عابر ضوئي ساطع عالي الطاقة، لدى انهيار النجم في غضون آلاف السنين القليلة القادمة.

وتشير أرصاد الباحثين إلى أن اندماج النجوم القزمية البيضاء التي تفوق كتلة شاندراسيكار يمكن أن يتفادى انفجارًا نوويًّا حراريًّا في صورة مُستعر أعظم من النوع 1a، ويقدم دليلًا على تولد مجالات مغناطيسية أثناء الاندماج النجمي.

V. Gvaramadze *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1216-1

مواد ثنائية الأبعاد

نمو واسع النطاق للعوازل ثنائية الأبعاد

أتاح تطوير المواد ثنائية الأبعاد (2D) فرص تطبيقها في الأجهزة الإلكترونية، والإلكترونيات الضوئية، والأنظمة الكهروضوئية؛ لما لها من قدرة على توفير أجهزة أصغر حجمًا وأعلى سرعة، وأداء وظائف إضافية مقارنةً بأجهزة السيليكون التقليدية. وتعد القدرة على إنماء بلورات مفردة كبيرة وعالية الجودة من المكونات ثنائية الأبعاد - أي موصلات، وأشباه موصلات، وعوازل - خطوة ضرورية لاستخدام الأجهزة ثنائية الأبعاد في مجال الصناعة.

وقد ورد من قبل أن بلورات نيتريد البورون (hBN) السداسية، التي يبلغ سمك طبقاتها سمك ذرة واحدة، ذات الاستقرار الفائق، والسطح المستوي، والفجوة النطاقية الكبيرة، هي أفضل عازل ثنائي الأبعاد. إلا أن حجم بلورات نيتريد البورون المفردة ثنائية الأبعاد يكون عادةً أقل من ملليمتر واحد، ويرجع ذلك في الأساس إلى الصعوبات التي تكتنف إنماء هذه البلورات؛ ومنها التكون المفرط للأنوية في البلورة، وهو ما يحول دون نمو نواة واحدة إلى بلورات مفردة كبيرة؛ والتماثل الثلاثي لشبكة نيتريد البورون، الذي يؤدي إلى تكوين نطاقات متضادة التوازي وحدود مزدوجة على معظم الركائز.

في البحث المنشور، يقدم الباحثون نموًا ترسيبيًّا فوقيًّا لطبقة أحادية من

نيتريد البورون، مساحتها 100 سنتيمتر مربع، ومفردة البلورة على سطح مجاور من النحاس (110) منخفض التماثل، حُصل عليه عن طريق تلدين رقاقة نحاس صناعية. تشير التوصيفات البنيوية، والحسابات النظرية إلى أن النمو الترسيبي الفوقي قد تحقق من خلال اقتران الحواف المتدرجة للنحاس <211> مع الحواف المتعرجة لنيتريد البورون، مما يكسر تكافؤ نطاقات نيتريد البورون متضادة التوازي، فيتيح بذلك محاذاة للنطاق أحادية الاتجاه بنسبة تفوق 99%.

هكذا، يبرهن الباحثون بوضوح الخصائص الحركية للنمو، والمحاذاة أحادية الاتجاه، والارتباط السلس لنطاقات نيتريد البورون، باستخدام تقنيات توصيفية على نطاق يتراوح بين المقاييس السنتيمتري والذري. ومن المتوقع أن تسهل نتائج الباحثين الاستخدام واسع النطاق للأجهزة ثنائية الأبعاد، وأن تمهد الطريق أمام النمو الترسيبي الفوقي لمجموعة كبيرة من المواد ثنائية الأبعاد ذات التماثل اللامركزي، مثل العديد من الكالكوجينيدات الثنائية الفلزية الانتقالية؛ لإنتاج بلورات مفردة كبيرة.

Li Wang *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1226-z

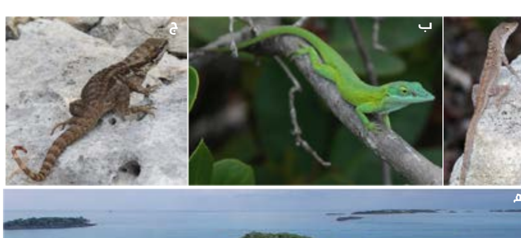
بيولوجيا الحفظ

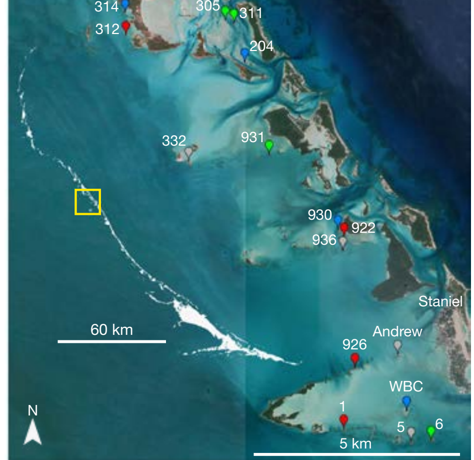
الحيوانات المفترسة تهدد التعايش بين الأنواع

تمثل الغزوات البيولوجية تحديًا بيئيًا ملحًّا وفرصة لاستكشاف العمليات البيئية الأساسية، كالدور الذي تلعبه كبرى الحيوانات المفترسة في تنظيم تنوع الأحياء وبنية الشبكة الغذائية. وفي التجارب التي تمت على مجمل النظام الإيكولوجي بجزر الكاريبي الصغيرة التي كانت سحالي الأنول البنيّة (*Anolis Sagrei*) التي تعيش عليها هي الحيوان المفترس المحليّ الأول، قام الباحثون بإعداد غزوات تجريبية من قبل منافساتها (الأنول الخضراء، (*Anolis smaragdinus*) و/ أو كبرى الحيوانات المفترسة (السحالي ملتفّة الذيل *Leiocephaluscarinatus*). في البحث المنشور، يوضح الباحثون أن السحالي ملتفّة الذيل أخلت باستقرار التعايش بين أنواع الفرائس المتنافسة، على عكس الفكرة الكلاسيكية المتمثلة في الافتراس المحوري. وقد أدى تفادي الحيوانات المفترسة نتيجة الخوف منها إلى تهاوي البنى الحاضنة المكانية والغذائية الضامنة لاستقرار التعايش خلافا لذلك، مما كثّف حدة التنافس بين الأنواع ضمن الموائل الخالية من الحيوانات المفترسة وساهم في انقراض مجموعات سحالي الأنول الخضراء في جزيرتين. علاوة على ذلك، في حين أدت إضافة سحالي الأنول الخضراء أو السحالي ملتفّة الذيل إلى إطالة سلاسل الغذاء، فإن إضافة كلا النوعين معا أدت إلى عكس هذا التأثير – ويرجع هذا جزئيا إلى أن مفترسات القمة كانت من آكلات اللحوم. وتؤكد النتائج التي توصل إليها الباحثون على أهمية التحكم من القمة إلى القاعدة في التجمعات الإيكولوجية، ولكنها تبين أن نتائجه تعتمد على سلوك الفريسة، والبنية المكانية، والطبيعة التغذوية. ولا يمكن افتراض تأثيرات تعزيز تنوع الحيوانات المفترسة، وقد تكون الآثار غير المقننة لخطر الافتراس عائقًا واسع النطاق في وجه التعايش بين الأنواع.

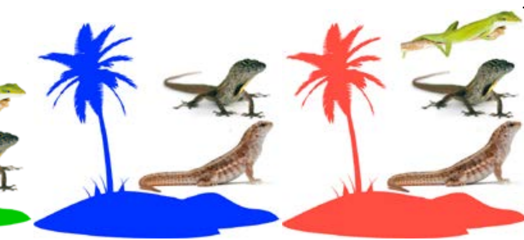
R. Pringle *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1264-6









الشكل أعلاه | نظام الدراسة وتصميم التجربة. أ - ج، أنواع الدراسة: الأنول البني (**أ**)؛ الأنول الأخضر (**ب**)؛ والسحلية ملتفّة الذيل (ج). **د**، موقع منطقة الدراسة داخل سلسلة جزيرة إكسوما، في جزر البهاما (المربع الأصفر) وتوزيع الجزر التجريبية الستة عشرة بالقرب من جزيرة ستانيل كاي. تشير الألوان المميَّزة إلى المعالجات التجريبية المشار إليها بالمخطط في الصورة بالأحرف **ز-هـ-و**، صور فوتوغرافية مائلة (**هـ**) ومن أعلى إلى أسفل (**و**) للجزيرة رقم 922، التي تمثل سحلية الأنول الأخضر – السحلية ملتفّة الذيل بمساحة نباتية تبلغ مساحتها 1648 مترا مربعا (المتوسط على مستوى التجربة، 1,635 مترا مربعا). يوفر القارب، الذي يبلغ طوله 5.5 مترا، مؤشرا على الحجم. **ز**، رسم تخطيط للمعالجات التجريبية العاملية ($n = 4$ جزر لكل منهما). حقوق نشر الصور في الصورة **د**، لـGoogle Earth 2019 DigitalGlobe، صورة الخارطة الظلية رسمت باستخدام البيانات المتاحة من قاعدة بيانات المناطق الإدارية العالمية.(http://gadm.org)؛ **هـ، و**، Day's Edge Productions؛ **ز**، صورة الجزيرة مصممة من قبل www.Vexels.com؛ صور السحالي من Shutterstock، Dreamstime، وAlamy.

دوائر العصبية

عملية موازنة الاشتهاء للصوديوم

يُعتبر الصوديوم الكاتيون الرئيس في السائل خارج الخلية، وهو ينظم وظائف فسيولوجية مختلفة. ويؤدي نضوب الصوديوم في الجسم إلى زيادة المتعة الناجمة عن مذاق الصوديوم، وهو ما يدفع الحيوانات نحو استهلاك الصوديوم. وعلى النقيض من ذلك، يؤدي استشعار مذاق الصوديوم في الفم إلى إخماد الاشتهاء للصوديوم سريعًا، وهو ما يوحي بأن إشارات حاسة التذوق تلعب دورًا محوريًّا في الاشتهاء للصوديوم، والتشبع به، بيْد أن هناك قصورًا في فهمنا للآليات العصبية لتنظيم الشهية المعتمد على الإشارات الحسية الكيميائية.

يحدد الباحثون، في البحث المنشور، دوائر عصبية معرّفة جينيًّا لدى الفئران، تنظم عملية تناوُل الصوديوم، عن طريق الدمج بين الإشارات الحسيّة الكيميائية، وإشارات النضوب الداخلية. ويبيّن الباحثون أن مجموعة فرعية من الخلايا العصبية الاستثارية الموجودة في النواة التي تقع أمام منطقة الموضع الأزرق (pre-locus coeruleus) في الدماغ تعبّر عن هرمون البروداينورفين، وأن هذه الخلايا العصبية تعدّ ركيزة عصبية أساسية لتناوُل الصوديوم. وأثار التحفيز الشديد لهذه المجموعة من الخلايا تناولًا شرهًا للصوديوم، حتى من الملح الصخري، بالتزامن مع إثارة إشارات مُنفِّرة منه. وأدى تثبيط المجموعة نفسها من الخلايا العصبية إلى خفض استهلاك الصوديوم بشكل انتقائي. كما يوضح الباحثون أيضًا أن استشعار الصوديوم في

الفم يكبت - بسرعة - نشاط هذه الخلايا العصبية المُحفزة لاشتهاء الصوديوم. وقد كشف التسجيل المرئي داخل الجسم الحيّ المتزامن مع التسريب المَعِديّ أن مذاق الصوديوم - لا ابتلاع الصوديوم نفسه - يعتبر عاملًا ضروريًّا لإشباع الاشتهاء للصوديوم وليطرأ تعديل بدرجة كبيرة على الخلايا العصبية التي تعبر عن البرودانيورفين والموجودة في النواة الواقعة أمام الموضع الأزرق. وبالإضافة إلى ذلك، أظهر التتبّع العكسي الفيروسي أن هناك خلايا عصبية محددة منتجة لحمض جاما أمينوبوتيريك (GABA) في النواة العميقة للسطر الانتهائي stria (terminalis) تتوسط – بشكل جزئي - التعديل الحسّي.

وتنشط مجموعة الخلايا العصبية المثبطة هذه بابتلاع الصوديوم، وترسل إشارات مثبطة سريعة إلى الخلايا العصبية المُحفزة لاشتهاء الصوديوم. وبالجمع بين هذه المعطيات، تكشف هذه الدراسة عن بِنْية عصبية تدمج بين الإشارات الحسية الكيميائية، وحاجة الجسم الداخلية من أجل الحفاظ على توازن الصوديوم.

S.Lee *et.al.*

doi:10.1038/s41586-019-1053-2

الاتصال بالألياف البصرية

أجهزة ليزر مغزلية فائقة السرعة

لأشعة الليزر تطبيقات وأدوار واسعة الانتشار، باعتبارها أنظمة نموذجية، يمكن فيها استجلاء ظواهر عدم الاتزان، والظواهر التعاونية. وبالتالي، قد يؤدي إدخال مفاهيم مستحدَثة في تشغيل الليزر إلى التوصُّل إلى تطبيقات جديدة، ومزيدًا من الفهم لمبادئه الأساسية. لقد أدّت الإلكترونيات المغزلية - التي يُستخدم فيها كلٌّ مِن اللف المغزلي للإلكترون، وشحنته - إلى تطوير أجهزة ليزر مغزلية، يتم فيها استغلال اللف المغزلي الحامل للشحنة، واللف المغزلي الفوتوني.

في البحث المنشور، يبرهن الباحثون تجريبيًّا على أن الاقتران بين اللف المغزلي الحامل واستقطاب الضوء في أجهزة الليزر الشائعة المعتمِدة على أشباه الموصلات يمكنه إتاحة ترددات تعديل عند درجة حرارة الغرفة، تتجاوز 200 جيجاهرتز، متفوقةً بذلك على أفضل أجهزة الليزر التقليدية المعتمِدة على أشباه الموصلات بما يقارب قيمة أُسّية.

ومن المثير للدهشة أن هذا التشغيل فائق السرعة لجهاز الليزر المغزلي الناتج يعتمد على زمن ارتخاء قصير للف المغزلي الحامل، وعلى تَبايُن كبير في الخواص لمعامل الانكسار. وهذان يُنظَر إليهما عامة باعتبارهما أمرَيْن سلبيين في مجالي الإلكترونيات المغزلية، وأشعة الليزر التقليدية. والنتائج التي توصَّل إليها الباحثون تتغلب على أوجه القصور الرئيسة للسرعة في أجهزة الليزر التقليدية التي يتم ضبطها مباشرةً. وتوفِّر النتائج كذلك آفاقًا واعدة للجيل القادم من الاتصالات الضوئية فائقة السرعة ومنخفضة الطاقة.

M. Lindemann *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1073-y

إيكولوجيا تغير المناخ

الاحترار يعرقل تعافي المرجان

تضع التغيرات التي تطرأ على أنظمة الاضطرابات بسبب تغيّر المناخ تحديات متزايدة أمام قدرة الأنظمة البيئية على امتصاص الصدمات المناخية المتكررة، وإعادة البناء بعد ذلك، مما يزيد من خطورة حدوث انهيار بيئي واسع النطاق للأنظمة البيئية الحالية، وبزوغ تجمعات جديدة. وفي الأنظمة البيئية البحرية، يُعتبر إنتاج اليرقات، واستقدام أنواع ذات وظائف مهمة عمليّتين أساسيتين؛ لإعادة بناء التجمعات البالغة الناضبة، والحفاظ على القدرة على التعافي، وتفادي تغيرات النظام في مواجهة الضغوط البيئية المتصاعدة.

في البحث المنشور، يوثّق الباحثون تحولًا على نطاق إقليمي في العلاقات بين المخزون والاستقدام في حيوان المرجان على امتداد الحيد المرجاني العظيم - أكبر نظام للشعاب المرجانية في العالم - في أعقاب أحداث الابيضاض الجماعي المتتالية غير المسبوقة، الناجمة عن الاحترار العالمي. وكنتيجة للوفيات الجماعية في مخزون الحاضنات البالغة في عامي 2016، و2017 بفعل الإجهاد الحراري، تَراجَع معدل استقدام اليرقات في عام 2018 بنسبة 89%، مقارنة بمستوياته عبر التاريخ. وللمرة الأولى، حلّ المرجان القرنبيطي الحاضن (pocilloporids) محلّ المرجان الواضع للبيض من جنس قميات المسام (acroprids) باعتباره النوع السائد في مجموعة الاستقدام الناضبة.

ويشير انهيار العلاقات بين المخزون والمستَقدَم إلى أن انخفاض مقاومة مخزون الحاضنات البالغة تجاه موجات ابيضاض المرجان المتكررة يرتبط ارتباطًا وثيقًا بخلل في القدرة على التعافي؛ مما يسلط الضوء على العمليات متعددة الأشكال التي تكمن وراء انخفاض أعداد الشعاب المرجانية على الصعيد العالمي.

وسيبقى مدى قدرة الحيد المرجاني العظيم على التعافي من انهيار العلاقات بين المخزون والمستَقدَم غير مؤكد؛ نظرًا إلى الزيادة المتوقعة في تواتر الأحداث المناخية القاسية على مدار العقدين المقبلين.

T. Hughes *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1081-y

مناخ ما قبل التاريخ

تغيرات المناخ المائي تتوافق مع تأثير البشر

رغم أنه من المتوقع أن يكون التغيّر المناخي بشري المنشأ قد تسبب في حدوث تحولات كبيرة في درجة الحرارة وهطول الأمطار (ما يقصد به: المناخ المائي)، فإن تعقُّب التأثير البشري على الجفاف العالمي قد ازداد تعقيدًا نتيجة التباين الداخلي الكبير وقصور سجلات الرصد.

في البحث المنشور، يعالج الباحثون هذه التحدّيات باستخدام عمليات إعادة بناء مؤشر «بالمر» لشدة الجفاف، الذي جرى الحصول عليه عبر بيانات من حلقات الأشجار التي تمتد على مدار الألفية الماضية. يوضح الباحثون أن هناك ثلاث فترات متمايزة يمكن تحديدها في النماذج المناخية وعمليات الرصد وإعادة البناء خلال القرن العشرين، وفي العقود الأخيرة (1981 حتى الآن)، كانت بصمة تأثير غازات الدفيئة موجودة، ولكنها غير قابلة للاكتشاف بثقة عالية بعد.

تختلف عمليات الرصد وإعادة البناء اختلافًا كبيرًا عن النمط المتوقع لتأثير غازات الدفيئة في منتصف القرن تقريبًا (1950–1975)، ويتزامن ذلك مع زيادة عالمية في تأثير الهباء الجوي، ومع ذلك، في النصف الأول من القرن (1900–1949)، كانت بصمة التغير المناخي الناجم عن تأثير غازات الدفيئة قابلة للكشف بدقة. يؤكّد العديد من مجموعات بيانات الرصد وعمليات إعادة البناء المستمدة من بيانات حلقات الأشجار، أن الأنشطة البشرية كانت على الأرجح تؤثر في مخاطر الجفاف بجميع أنحاء العالم، منذ وقت مبكّر يعود إلى بداية القرن العشرين.

K. Marvel *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1149-8

علم الأوبئة

معدلات السمنة في الريف والحضر

ارتفع مؤشر كتلة الجسم (BMI) بمعدل ثابت في معظم البلدان، بالتوازي مع ارتفاع نسبة السكان الذين يعيشون في المدن. وقد أدى هذا إلى رؤيةٍ واسعة النطاق أن التمدّن واحد من أهم عوامل ارتفاع معدلات السمنة عالميًّا.

في البحث المنشور، استخدم الباحثون 2009 دراسات تستند إلى المجموعات السكانية، مع قياسات الطول والوزن لأكثر من 112 مليون شخص بالغ، لرصد الاتجاهات القومية والإقليمية والعالمية فيما يتعلّق بمؤشر كتلة الجسم، مقسَّمة حسب محل الإقامة (منطقة ريفية أو حضرية) في الفترة الممتدة من عام 1985 إلى عام 2017. يظهر الباحثون أنه على عكس النموذج السائد، فإن أكثر من 55% من الارتفاع العالمي في متوسط مؤشر كتلة الجسم في الفترة من 1985 إلى 2017 - وأكثر من 80% في عدد من المناطق المنخفضة والمتوسطة الدخل - كان بسبب زيادات في مؤشر كتلة الجسم في المناطق الريفية. ينبع هذا الإسهام الكبير من حقيقة زيادة مؤشر كتلة الجسم في المناطق الريفية بنفس المعدل أو أسرع مقارنة بزيادته في المدن، باستثناء النساء في إفريقيا جنوب الصحراء الكبرى.

تسبَّبت هذه الاتجاهات بدورها في سدّ الفجوة - وإلى تراجعها في بعض البلدان - في مؤشر كتلة الجسم بين المناطق الحضرية والريفية في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، خاصة بالنسبة للنساء. في البلدان الصناعية ومرتفعة الدخل، لاحظ الباحثون استمرار ارتفاع مؤشر كتلة الجسم في المناطق الريفية، خاصة لدى النساء. ثمة حاجة ملحّة لاتّباع نهج متكامل للتغذية في الريف، يعزّز الوصول المادي والفعلي إلى الأطعمة الصحيّة، لتجنّب استبدال مساوئ سوء التغذية الريفي في البلدان الفقيرة بمزيد من الأضرار العامة لسوء التغذية التي تتضمّن استهلاكًا مفرطًا للسعرات الحرارية متدنية الجودة.

NCD-RisC

doi:10.1038/s41586-019-1171-x

صندوق الأدوات

طرق تفادي كوارث تخزين البيانات

لا مفرَّ من أعطال الأقراص الصلبة، لكن ليس من الضرورة أن تؤدي إلى فقدان البيانات.

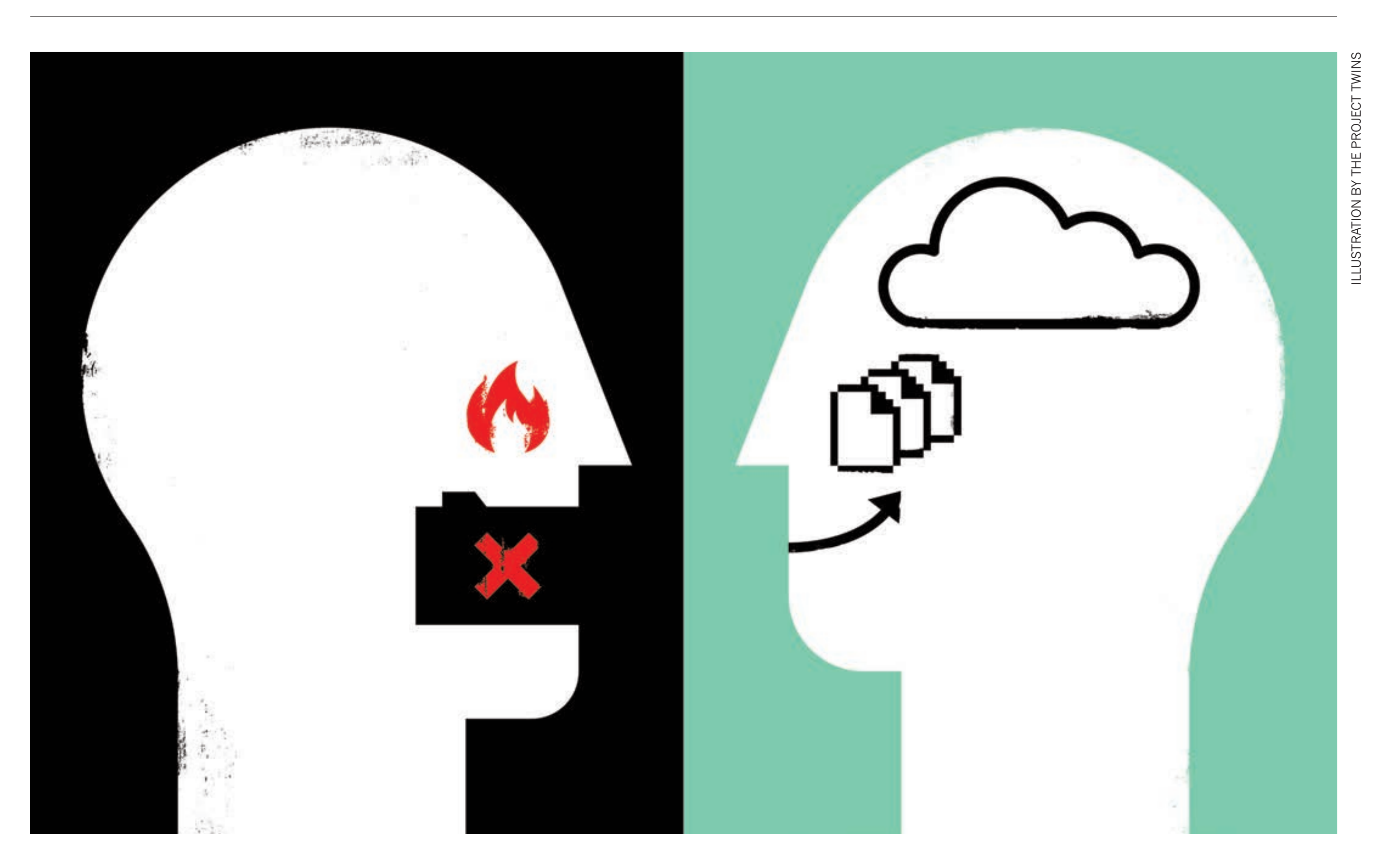


ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

جيفري إم بيركل

عندما كانت تريسي تيل طالبة بالدراسات العليا، نفَّذت ما ينبغي اعتباره أمرًا روتينيًّا على نظام تشغيل «يونيكس» الطرفي الخاص بها: *rm –rf. يوجِّه هذا الأمر الحاسوبَ إلى مسح كل شيء داخل الفهرس الحاليّ بشكل متكرّر، بما في ذلك كل الفهارس الفرعية، لكن كانت هناك مشكلة واحدة فحسب: أنها كانت في الفهرس الخاطئ.

في ذلك الوقت كانت تيل تدرس اللغويات الحاسوبية كجزء من درجة الماجستير التي تعدّها في علم الأحياء بجامعة كاليفورنيا بلوس أنجلوس، وقضت شهورًا في تطوير برامج محاكاة، وتشغيلها، وصارت مستعدة أخيرًا للبدء في تحليل بياناتها. وتقول تيل إن أول ما قامت به هو "ترتيب البيانات لتنظيمها"، لكنها بدلًا من ذلك، محت مشروعها بالكامل، وعلى النقيض من شبكة الأمان التي توفِّرها سلّة المحذوفات في نظم تشغيل «ويندوز» Windows، و«ماكينتوش» Macintosh، لم تكن ثمة وسيلة لاستعادة البيانات من جراء تنفيذ الأمر rm، ما لم تمتلك نسخة احتياطية.

في عالم الأجهزة الرقمية، يُعدُّ الاحتفاظ بنُسخ احتياطية من بياناتك ضروريًّا، سواء كانت تلك البيانات صور «سيلفي» على هاتفك الذكي، أو مجموعات بيانات ضخمة خاصة بتحديد تسلسلات جينوم، فوسائط التخزين هشَّة، ولا مفرَّ من تعطلها أو فقدانها أو سرقتها أو تلفها.

وتتباين خيارات النَّسْخ الاحتياطي، بداية من بطاقات ذاكرة الـUSB، وخدمات تخزين البيانات السحابية إلى خوادم الشرائط المغناطيسية المؤسّسية الضخمة، وفي المعتاد يستخدم الباحثون أكثر من وسيلة واحدة، لكن لا تتمتع كل هذه الاستراتيجيات بالمميزات عينها، ويتعيّن على العلماء اكتشاف الطريقة الأنسب لهم بناءً على طبيعة بياناتهم وحجمها وتوفر موارد التخزين والمخاوف المتعلقة بخصوصية البيانات.

وفي حال تيل، كانت الأتمتة هي ما أنقَذَ الموقف، فالخادم الذي كانت تيل تعمل عليه كان ينسخ البيانات احتياطيًّا بصورة منتظمة على شريط نسخ، وتمكَّن "موظّفو تكنولوجيا المعلومات الودودون والخدومون" في مكتب المساعدات الحاسوبية لقسم علوم الحياة الذي تنتمي إليه، من استعادة ملفاتها، لكنها تقول إن الموقف كان محرجًا للغاية، لأن تيل - التي تشغل الآن منصب المدير التنفيذي لمؤسسة «كاربنتريز» Carpentries غير الربحية في سان فرانسيسكو بكاليفورنيا والتي تدير ورش عمل عن الحوسبة العلمية - كانت قد عملت في السابق بفريق تكنولوجيا المعلومات، وحسب قولها فقد كان هذا أشبه بـ"حاجة عامل الإنقاذ إلى من ينقذه".

وفيما يلي نقدِّم 11 نصيحة من الممكن أن تجعل كوارث فقدان البيانات المحتملة أقل وطأة:

1. طبِّق قاعدة 3-2-1: يقول مايكل كوب، مدير قسم الهندسة بشركة «درايف سيفرز» DriveSavers، وهي شركة لاستعادة ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

البيانات مقرّها نوفاتو بكاليفورنيا، إن القاعدة العملية التي يجب اتباعها عند النَّسْخ الاحتياطي لبياناتك هي "قاعدة 3-2-1"، ويضيف: "إنها عبارة عن ثلاث نسخ، اثنتان [على] وسطي تخزين مختلفين، وواحدة في مكان بعيد عنك"، فيمكنك، مثلًا، الاحتفاظ بنسخ على حاسوبك الشخصي، وعلى قرص صلب خارجي، وعلى خدمة «دروب بوكس» Dropbox السحابية لمزامنة الملفات (تكلف الخدمة لثلاثة مستخدمين فأكثر 12.5 دولار أمريكي لكل مستخدم في الشهر، وتتيح 3 تيرابايت من المساحة التخزينية).

وتقول إليزابيث ويكس، عالمة المعلومات من جامعة إلينوي في إربانا-تشامبين: "هذه قاعدة توجيهية يجدر الاقتداء بها، لكنها ليست قانونًا"، فالبيانات الثمينة قد تتطلب اتخاذ احتياطات إضافية.

2. تحدَّث إلى المتخصصين: تُعيِّن مؤسستك أشخاصًا بدوام كامل بهدف الاهتمام بشؤون البيانات، فتحدَّث معهم. تنصح بهذا جوليان شنايدر، التي ترأس عملية إدارة البيانات بمركز «هارفرد كاتاليست» Harvard Catalyst في بوسطن، ماساتشوستس. وقد يقدِّم مركز بحوث الحوسبة في مؤسستك أنظمة نَسخ احتياطي مجانية، أو يسيرة التكلفة، ومن الممكن أن يساعدك أمين المكتبة على صياغة استراتيجية لإدارة البيانات، أو قد يقدم لك مكتب المنح النصائح بشأن متطلبات الوكالات لتمويل الأبحاث، بما في ذلك كيفية الاحتفاظ بالبيانات، وإلى متى يجب الاحتفاظ بها، وتضيف جوليان: "هؤلاء الأشخاص سيرغبون في مساعدتك في الاحتفاظ ببياناتك؛ خاصة لو كنت قد تلقيت منحة".

3. أَدِر بياناتك: تتطلَّب عمليات النُّسَخ الاحتياطي التي تتسم بالموثوقية براعة في إدارة البيانات، وتنصح سيرا مارتينيز، عالمة البيانات من جامعة كاليفورنيا ببيركلي - منوهة إلى الطريقة التنظيمية التي ابتكرتها ماري كوندو، الاستشارية اليابانية الشهيرة في أنماط الحياة، ومؤلّفة كتاب «سحر التنظيم في تغيير شكل الحياة» *The Life-Changing Magic of Tidying* (2014) - بأن يسأل المرء نفسه عند كل ملف: "هل يحتاج هذا الملف إلى الحفظ؟" وتضيف تيل ضاحكة: "لا يمكنك أن تحتفظ بالبيانات التي تبهجك فحسب!"

حدد المعايير الخاصة بعملية تسمية الملفات، وتنظيمها؛ كتخصيص مجلد لكل مشروع، ووضع البيانات والأكواد في فهارس فرعية مخصصة لها، وإدراج ملف ضمن كل مجلد مشروع يُوثِّق أهداف المشروع، وأساليبه، وبياناته الوصفية، وملفاته، وحدد المكان الذي سيجري فيه النَّسْخ الاحتياطي للبيانات، وكيفية نسخها احتياطيًا، وحدد موعدًا – سواء يوميًا و أسبوعيًا مثلًا - لعمل ذلك.

ينبغي حفظ البيانات الخام على الدوام، لكن من الممكن – عادة – التخلّص من ملفات المعالجة الوسيطة، وتتطلب مجموعات البيانات الضخمة تفكيرًا خاصًا: فبعض مقدِّمي خدمات التخزين السحابي يضع حدًا أقصى لأحجام الملفات المُخزَّنة، إذ من الممكن أن تمثّل تكلفة عملية نقل البيانات وتخزينها عائقًا.

4. عليك بحماية الخصوصية: فالبيانات المأخوذة من مرضى أو طلاب، عادة ما تكون مُقننة الاستخدام، وهو ما يعني أنه لا يمكن تخزينها في أي مكان وحسب. وتقول ويكس إن الباحثين في مؤسستها يمتلكون خيارات عديدة للتخزين السحابي للنُّسَخ الاحتياطية، لكن خيارًا واحدًا فقط هو المسموح باستخدامه في حالة البيانات الحساسة. وتستطيع الحصول على النصح من فريق تكنولوجيا المعلومات الخاص بقسمك، فتقول ويكس: "عدم الامتثال لمتطلبات حماية البيانات يمكن أن يكون تصرفًا خطيرًا للغاية، فمن الممكن أن تواجه عقوبات مالية، أو تفقد القدرة على إجراء الأبحاث".

5. اجعل النَّسْخ الاحتياطي أوتوماتيكيًّا: تلعب الأتمتة دورًا محوريًّا في عمليات النُّسَخ الاحتياطي. وتمتلك كيلي سميث، أخصائية علم الوراثة في مجال أمراض القلب من جامعة كوينزلاند في بريزبان بأستراليا، القدرة على الولوج إلى محرّك أقراص شبكي مشترك يجري نسخه على شريط مغناطيسي. وقد اعتادت نقل ملفاتها إلى المحرك يدويًّا، لكن مرة شهريًّا فحسب. وحال حدوث عطل في المحرك من الممكن أن تضيع الملفات الأحدث، لكن الآن تعمل منظومة نَسْخ احتياطي سحابية أوتوماتيكية تدعى «دروفا إن سينك» Druva inSync، مقدمة من شركة «دروفا» Druva المتخصصة في حماية البيانات الكائنة في سانيفال بكاليفورنيا، على تدارك هذه المشكلة، وعن هذا تقول كيلي: "هذا أمر آخر لم يعد عليَّ القلق بشأنه".

وتوضّح تيل: "عليك ألا تفكّر في الأمر، لأنك تكون في أشدّ حالات التوتر حين تسوء الأمور، وحين تكون قد نسيت أن تجري عملية النَّسْخ الاحتياطي على مدار الشهور الثلاثة الماضية".

6. عليك بحماية البيانات الخام: البيانات كلها ثمينة، غير أن البيانات الخام لا يمكن تعويضها؛ فالطريقة الوحيدة للحصول عليها مجددًا هي إجراء التجربة ثانية، لذا يجب عمل نُسَخ احتياطية منها، وإبقائها في هيئة ملفات قابلة للقراءة فقط. فقد اضطرت ويكس ذات مرة أن تنهي أحد المشروعات لأنها فتحت ملفًا بالغ الأهمية على برنامج «ميكروسوفت إكسيل» Microsoft Excel، الذي نسق أوتوماتيكيًّا أحد الأعمدة، مُغيرًا القيم، ومُتلفًا مجموعة البيانات الأساسية. لذا، كما تقول مارتينيز، عليك بحماية بياناتك الخام "مهما كلف هذا".

7. أتح إمكانية النَّسْخ الاحتياطي: من الضروري أن تكون خطة إدارة البيانات سهلة التنفيذ للأعضاء الجدد في المختبر، ولطلبة دراسات ما بعد الدكتوراة، الذين يعملون طوال الليل. فتقول ويكس: "قد يدور برأسك التالي: "أوه، هذه منظومة مثالية". حسنًا، هل يمكنك أن تجري النسخ الاحتياطي في الثالثة فجرًا، بعد أن تكون قد عملت لأربع وعشرين ساعة على أحد الأبحاث؟ أم هل ستجري النسخ الاحتياطي وأنت في خضم مواجهة مشكلة تتعلق بكود حاسوبي؟". ناقش الاستراتيجية بين أعضاء فريقك، واحرص على أن تكون قابلة للتنفيذ، ثم بعد ذلك، قم بمحاكاة ما سيحدث إذا حلَّت كارثة، تمامًا كما قد تفعل في حال المجمد الذي يعمل بدرجة سالب 80 درجة مئوية: ما البيانات التي ستفقدها؟ وبأي سرعة يمكنك استعادتها؟ وتقول تيل: "على أقل تقدير ستكون هذه تجربة فكرية قيمة".

8. اختبر عملية النَّسْخ الاحتياطي دوريًّا: فلا تفترض أن عملية النَسخ الاحتياطي التي تستخدمها تعمل جيدًا: بل اختبرها. فهل يمكنك فتح ملفاتك؟ وهل تمتلك ما يلزم لتشغيلها من التطبيقات المطلوبة، وبيانات اعتماد تسجيل الدخول، ومفاتيح التسجيل؟ تقدّم خدمة تكنولوجيا المعلومات بالقسم الذي تعمل به ويكس لأعضاء الفريق حسابًا مجانيًّا على موقع «كراش بلان» CrashPlan التابع لشركة «كود42 سوفت وير» Code42 Software التي يقع مقرها في مينابوليس بولاية مينيسوتا، والتي تجري عملية النَّسْخ الاحتياطي السحابية أتوماتيكيًا. وذات يوم، قررت ويكس اختبار نُسَخها الاحتياطية، لكنها وجدت أنها توقَّفت عن المزامنة قبل ستة أشهر. في ذلك تقول ويكس مشيرة إلى منظومة النَّسْخ الاحتياطي التي تقدمها شركة «أبل» Apple للحاسبات التي تستخدم نظام تشغيل «ماكينتوش» الخاص بها: "كانت بياناتي على ما يرام، لأنني كنت أمتلك نسخة احتياطية محلّية مستحدثة بنظام «تايم ماشين» بالإضافة إلى ذلك". ويكرِّر كوب النصيحة التي أوردها في النقطة الأولى قائلًا: "إذًا عليك بإجراء النسخ الاحتياطي وفق قاعدة 3-2-1، ثم استعدّ [بعض الملفات الهامة]، واختبرها على حاسوب مختلف، في غرفة مختلفة، وعلى جهاز مختلف، لأنه إذا وقع السيناريو الأسوأ، فلن يكون بحوزتك حاسوبك الخاص".

9. توقع المفاجآت: الحياة مليئة بما يخالف توقعاتنا. على سبيل المثال، كوب - الذي فقد كل مقتنياته الخاصة في حريق هائل وقع عام 2017- كان لديه عميلًا خزَّن حاملًا من 96 قرصًا صلبًا تحت رشاش إطفاء الحريق، وذات يوم انطلق الرشاش وغُمِرَت الأقراص الصلبة بالماء، وعن هذا يقول: "لم يكن هناك أي نسخ احتياطية من هذه البيانات". وفي عام 2012، كادت ليزلي فوسهول، أخصائية البيولوجيا العصبية من جامعة روكفيلر بمدينة نيويورك، تفقد كل بيانات تحديد التسلسل الجينومي الخاصة بالبعوض الذي تدرسه، حين غُمرت الخوادم الموجودة في قبو منزلها بالماء في أعقاب إعصار «ساندي». هذه الأحداث لا مفر منها، لكن كثيرًا ما يكون بالإمكان توقّعها، لذا عليك بالبحث جيدًا عن مواطن تهديد البيانات. فمثلًا، قبل نحو عام ونصف، اهتزَّ مكتب كوب بفعل زلزال صغير- وهذا ليس بالمفاجئ في كاليفورنيا – فسقطت صورة تحوى الرئيس الأمريكي السابق جيرالد فورد، الذي كان فيما مضى عميلًا لدى شركة كوب، عن الجدار وأصابت حاسوب كوب المحمول "في مقتل" محطّمة شاشته. في ذلك يضيف كوب: "بعد ذلك كان لسان حالي: "عليَّ أن أعيد ترتيب الأشياء كي أكون مستعدًّا بشكل أفضل".

10. احتفظ بنسخة احتياطية غير متصلة بالإنترنت: أدوات النَّسخ الاحتياطي المتصلة بالإنترنت مواتية، فالبيانات تكون متاحة على الفور، غير أن تلك الأدوات تكون مُعرَّضة مباشرة لأخطاء المستخدمين، والبرامج الخبيثة. ويقول كريج رايجر، المدير التنفيذي لقسم التكنولوجيا بشركة «داتا ميكانيكس» Data Mechanix، وهي شركة لاستعادة البيانات مقرّها في إرفين بكاليفورنيا، إن العديد من عملائه تعرضوا لهجمات برامج الفدية، والتي فيها يشفِّر أحد الفيروسات قرصًا صلبًا بأحد الحواسيب، بحيث يجعله غير قابل للاستخدام. كما يشير إلى إنه من الممكن أيضًا أن يصاب في هذا الهجوم أيُّ محرك نَسْخ احتياطي، سواء أكان متصلًا بالحاسوب مباشرة، أو عبر شبكة، ويضيف: "ولأنه من المستحيل أن تقضي على هذا التهديد بنسبة 100%، فإن الإجراء الوحيد الذي يمكنك حقًّا القيام به هو أن تملّك جهاز تُجري عليه نسخًا احتياطيًا لبياناتك، ثم تفصله عن الإنترنت، أو تحجب الوصول إليه عبر شبكتك"، ويمكن عمل ذلك مثلًا عن طريق فصل التيار الكهربائي عنه.

11. خطِّط مقدمًا: في نهاية المطاف، ينبغي أن تكون بياناتك متاحة مستقبلًا، لذا فكِّر في "خططك المستقبلية"، كما تقول تيل، وفكِّر في الوسط الذي تُخزَّن عليه بياناتك، وفي التطبيقات التي تستخدمها لفتحها، وحاول أن تواكب التحديثات. وتقول فوسهول إن الكثير من بياناتها القديمة مخزنة في صيغة أقراص قديمة، بمعنى أنه توجد نُسَخ احتياطية منها، لكن لا يمكن الوصول إليها، وتضيف مازحة: "سيتعين عليَّ الذهاب إلى متجر للتحف العتيقة كي أعثر على جهاز قارئ لهذه البيانات".

وحتى التخزين السحابي لا يقدّم ضمانات: فبإمكان شركات تخزين البيانات أن تغير أولويات عملها، أو قد تفقد ببساطة القدرة على الوصول إلى حسابك، لذا، احرص على إبقاء نسخة احتياطية محلية معك، أو على الأقل ضع نُسخًا احتياطية من بياناتك على خدمات مستقلة. في ذلك، تقول ويكس: "سيسأل الناس: "أتعنين أنك لا تثقين في خدمة «مستندات جوجل» Google Docs؟" لا يتعلق الأمر بالضرورة بالوثوق في خدمة «مستندات جوجل»، بل بضمان عدم فقد القدرة على الوصول إلى البيانات". ■

جيفري إم بيركل، محرر تكنولوجيا بدورية *Nature*.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



MIKHAIL KAPYCHKA

ذباب ماي يحط على الطريق في موجيلوف بروسيا البيضاء، وهو يحتضر في نهاية دورة حياته التي تبلغ يومًا واحدًا.

الإعلام

لقطات لباحثين

إعلان الفائز بالمركز الأول، وكذلك الفائزين بالمراكز التالية في مسابقة دورية *Nature* السنوية للتصوير، التي كانت بعنوان «عالِمٌ في أثناء تأدية عمله» #ScientistAtWork

جاك ليمنح

في الثامن عشر من شهر يوليو عام 2013، جاءت ملايين من ذباب مايو من نهر دنيبر في مدينة موجيلوف بشرق روسيا البيضاء، حيث كان اليوم مثاليًّا كي يفقس بيض حوريات الماء هذه؛ فقد كان الطقس دافئًا، وساكن الرياح، لكنْ مع غروب الشمس، حط عدد كبير من الحشرات على الأسفلت الساخن لشارع تشيليوسكينتسيف، الذي يمتد على طول النهر، قبل أن يخترق وسط مدينة موجيلوف. وربما يكون ذباب مايو، الذي كان ينبغي أن يبقى عند النهر حتى يضع البيض، قد انخدع بانحناء الطريق وظلامه، فظن أن هذا هو نهر دنيبر.

وهنا، قام ميخائيل كابيتشكا - مدرس مادة التاريخ، وأخصائي الخدمة الاجتماعية - بالتقاط الصورة التي فازت بالمركز الأول في مسابقة التصوير الفوتوجرافي السنوية الثالثة لدورية *Nature*، وكانت بعنوان «عالِمٌ في أثناء تأدية عمله» #ScientistAtWork. وتُظْهِر الصورة عالمًا من علماء الأحياء من جامعة إيه. كوليشوف بولاية موجيلوف، يلتقط صورًا لذباب مايو، بينما يرقد الذباب محتضرًا على الطريق. ويبلغ المدى العمري لهذه الحشرات يومًا واحدًا. وتحدث ظاهرة فقس بيضه بأعداد كبيرة كل عام في موجيلوف.

وقد جذبت مسابقة هذا العام حوالي 370 مشارَكة بالصور من كافة أرجاء العالم. فنرى صورة لعالم يقوم برعاية فقمة في منطقة القطب الجنوبي، أو صورة لآخر يقف داخل غرفة تمتلئ أركانها بملحوظات مكتوبة بخط اليد في بكين، أو صورة عالمة استقرت عليها قردة ذات فراء صوفي في البرازيل وكأنها غصن. واختار محررو دورية *Nature* للفنون الصورة الفائزة، والصور التي فازت بالمراكز التالية، بناءً على الأثر البصري. وسيحصل المصورون الذين التقطوا هذه الصور على اشتراك خاص في دورية *Nature* لمدة عام؛ وسيحصل كابيتشكا (الفائز بالمركز الأول) على جائزة نقدية إلى جانب ذلك.

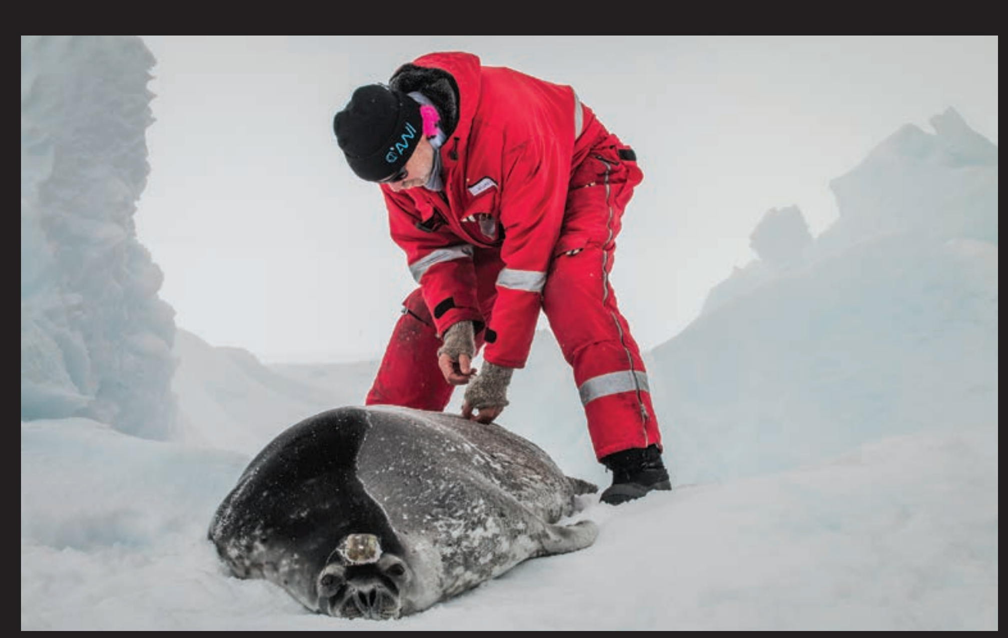
ويقول كابيتشكا إن المقيمين في موجيلوف اتصلوا بجامعتهم المحلية حين علموا أن المسار المعتاد لذباب مايو قد تغير. وقال كابيتشكا في حديثه إلى دورية *Nature*: "كانت أضواء المدينة ليلًا هي السبب في تضليل الكثير من ذباب مايو، فَطار بعيدًا عن النهر. ولذلك، لم يتمكن الذباب من وضع نسله القادم في الماء". وأضاف: "لقد بدا لي أن العلماء كانوا مرهقين جدًّا ذاك اليوم".

ونعرض فيما يلي باقي الصور الفائزة في المسابقة.

توهُّج ليلي (جيف داي)

دوّامات متألِّقة بزرقة المياه، وباللون القرنفلي المائل إلى الأصفر، تغلُّب على سماء الليل المرصعة بالنجوم في منطقة شيجاتسي في التبت في إبريل من عام 2014.

ويقوم باحثون من المراصد الفلكية الوطنية في بكين بالصين وجامعة فرجينيا في شارلوتسفيل برصد تموجات التوهج الليلي المفعمة بالألوان. ولالتقاط الصورة، استخدم جيف داي – الذي كان يعمل حينئذ مهندسًا، ويقضي عطلته في التقاط الصور، ثم صار يعمل مصورًا بدوام كامل – تقنية التعرض الطويل لمدة 47 ثانية.



تقفِّي أثر فقمة (ميا فيجا)

الصورة لعالِم البيئة هورست بورنيمان - من معهد ألفريد فيجنر في بريمرهافن بألمانيا - وهو يحقن أنثى فقمة ويديل (*leptonechotes weddellii*) بدواء؛ لإزالة تأثيرات سهم تخدير، وذلك في أثناء زيارة إلى جرف «رون» Ronne الجليدي في بحر ويديل بالقارة القطبية الجنوبية في فبراير من عام 2018. كان بورنيمان، الذي يحتفظ في قبعته بسهم تخدير إضافي زاهي اللون، قد انتهى لتوه من تثبيت جهاز تتبُّع بالأقمار الصناعية على جسم الفقمة، من شأنه أن يسجل بيانات عن درجة حرارة البحر، وتحركات الحيوان. وكانت المصوِّرة هي ميا فيجا، الباحثة في مرحلة ما بعد الدكتوراة، من معهد أبحاث الثدييات بجامعة بريتوريا في جنوب أفريقيا.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

حبّار نافث للمياه (رودريجو أويانيديل)

نفث من الماء يشبه في فورانه «الشمبانيا» يغمر صيادًا بماء البحر وهو يسحب حبارًا ضخمًا (*Dosidicus gigas*) إلى قاربه يدويًّا، على بعد حوالي 10 كيلومترات قبالة ساحل شيلي في يناير 2016. التقط هذه الصورة رودريجو أويانيديل - الطالب في مرحلة الدكتوراة في مجال علم الحيوان بجامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة – والذي يجري بحثًا حول طرق الصيد التقليدية المستدامة. ويقول إن الصيادين من أمثال الصياد الذي قام بتصويره هم "آخر صيّادي الأحياء البرية" على مستوى العالم.

قردة تلهو (باربرا كارتاهينا ماتوس)

أمكنك في عام 2013 أن تحدق في عيني كارلينيا، القردة ذات الفراء الصوفي (*Lagothrix lagotricha cana*) من مأوى الأحياء المستوطنة للغابات «أمازون إيكوبارك جانجل لودج» Amazon Ecopark Jungle Lodge بالقرب من مانوس في البرازيل، والقردة تتخذ وضع التصوير، مع باربرا كارتاهينا، التي هي الآن طالبة في مرحلة الدكتوراة في مجال الأنظمة البيئية للحياة البرية بجامعة لشبونة.





شغف بالبيانات (نان لي)

التقطَتْ مهندسة الديكور نان لي هذه الصورة لزوجها، جين وانج، عالِم المناخ من جامعة بكين لعلوم الغابات، وهو في حالة تأمُّل، بينما يدرس بيانات تغيُّر المناخ في مكتبه في مارس من عام 2019. قامت لي بزخرفة المشهد، لكنها لم تضف الكثير، فوانج معتاد على تعليق ملاحظات تفصيلية مكتوبة بخط اليد على جدران مكتبه بانتظام.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

جاليفر في المنزل

قصة رحَّال

ILLUSTRATION BY JACEY

أناتولي بِليلوفِسكي

إننا نعتقد أن المخلوقات الفضائية تراقِبنا طيلة الوقت. فبهذا نشعر بمزيد من الأمان. إنها لا تتهاون مع الأشخاص الذين يضايقون أبي، أو يضايقونني.

وهي لا ترضى بالقسوة.

اتسعت عينا أبي على آخرهما، لكنْ من دون أن يختلج ذقنه، أو أن تتجمع دموع في عينيه.

سألني: أين أنت يا نانا؟

أجبت: أنا هنا، أعدّ لك وجبة الغداء.

سألني: هل هي جاهزة؟

قلت: تقريبًا.

يمشي أبي إلى الحمام مترنحًا، ويضيء النور. أسمع صوت المياه الجارية تتناثر بينما يغسل يديه. إنه لا ينسى أبدًا غسيل يديه، فقد أحسنت جدتي تربيته. كان يقول دائمًا إنني أشبهها، وأتحرك مثلها، حتى إنّ رائحتي تشبه رائحتها، منذ أن كنتُ فتاة صغيرة، ومنذ أن كان يؤرجحني على ركبته بينما أداعب شعر وجهه في الأوقات التي كان يقضي فيها أجازته في المنزل. والآن أطهو مثل جدتي أيضًا، وأعد منزليًا شعرية بالبيض من لفائف عجين رقيقة شفافة، وأضع الكثير من ورق الغار في حساء الدجاج. وبمجرد أن أتقنتُ إعداد هذه الوجبة، لم يعد يظهر عليه التجهم والحيرة مع أول ملعقة يتذوقها من الحساء.

إنها مسألة تعلم بالتجربة والخطأ.

بعد الغداء، يقصد أبي المكتبة كالمعتاد. كان هذا الجزء اليسير من نشاطه هذا، حيث جمع الكتب التي قرأها عندما كان لا يزال محتفظًا بعقله، مضاهيًا النُّسَخ بذكريات طفولته، ووضع بنفسه كل كتابٍ على رف من المكتبة. والآن، يسحب كتاب «رحلات جاليفر»، ويشرع في قراءته، وتتحرك شفتاه بينما ينطق كل كلمة.

طريقة غريبة تلك التي صار يتذكر بها الأشياء أو يغفلها منذ أن أعاده الفضائيون.

غادر أبي إلى كوكب زحل، عندما كنتُ في الصف السادس. كان قد ذهب إلى القمر لعدد لا حصر له من المرات، وإلى المريخ مرات قليلة. وقد فوّت الرحلة إلى المشترى، لكنه نجح في الانضمام إلى الفريق البديل لرحلة زحل. وكان بديلًا لعضوة أساسية بالفريق كُسرت ساقها في أثناء التزلج.

سنح لأبي أن يذهب مع ستة رواد فضاء آخرين. وفقدت سفينته الاتصال بالأرض قبل عملية الاندفاع بجاذبية المشترى. بعدها بيومين، ظهرت السفينة في المدار الأرضي المنخفض، وكان أبي الوحيد على متنها.

بل مُعْظَم أبي.. توخيًا للدقة.

أعاد الفضائيون بناء المنزل الذي قضى فيه أبي طفولته؛ في لحظة لم يكن هناك أي شيء، وفي اللحظة التالية كان موجودًا. ما زلتُ غير قادرة على تحديد أيّ الأمرين كان أكثر إثارة للإعجاب، السرعة، أم درجة التطابق مع ذكريات أبي. كان المنزل مربع الشكل، له باحة مركزية، ويتألف من ثلاثة طوابق؛ وكانت لشقق الطابق الأرضي مداخل من الباحة، أما جميع الشقق الأخرى، فكانت مداخلها من شرفات طوقت جدرانها الداخلية. يذهب أبي في بعض الأحيان إلى هناك، وينظر إلى رقُعة من السماء، ويتجول في شرفة الطابق الثاني، دون أن يطرق أبدًا أيًّا من الأبواب، أو يدلف إلى بئر السلّم.

بنى أبي خيمةً هناك عدة مرات في الأيام الدافئة، باستخدام ملاءات، وحبل غسيل، وبسط وسائد بالداخل، واستلقى هناك يلهو بألعابه. لديّ صورة قديمة له بالأبيض والأسود في تلك الشرفة. إنّ إعادة البناء التي قام بها الفضائيون متقنة للغاية، ويمكنني ملاحظة تطابق الصورة بدقة مع ما بنوه، وصولًا إلى التشققات في الجص بالبناء.

هل حصل الفضائيون على كل ما احتوته ذاكرة أبي؟ وعلى كل شيء وقعت عليه عيناه؟ وعلى كل كلمة تبادلها مع أمي؟ كل رائحة، وكل مذاق، وكل ألم، وكل فرح؟

لم يكن من الصعب أن أحب أبي. في صغري، لم أكن أراه إلا نادرًا. وأعتقد أن أمي أحبته بدورها، ربما للسبب نفسه. بَكَتْ أول مرة نَظَرَتْ فيها في عينيه، ووَجَدَتْ شخصًا غريبًا يبادلها النظر. أمسك أبي بيدها، وهمس: "لماذا تبكين يا سيدتي؟". سحبَتْ أمي يدها، وركضت إلى خارج الحجرة وهي تنتحب. وبعد قليل، حاولت العودة، لكن الفضائيين أوقفوها. كان هذا مذهلًا للغاية أيضًا؛ ففي لحظة كانت تتحرك، وفي اللحظة التالية توقفَتْ عن الحركة.

أتمنى لو كنا نعرف كيف يبدو شكل الفضائيين.

يعتقد البعض أن أبي أنقذَ العالَم، وأن الفضائيين انتزعوا عقله، ووجدوه رائعًا ولطيفًا، ثم أعادوا بناءه قدر استطاعتهم. يُعتقد أن الفضائيين تركونا في الغالب لحالنا، بسبب ما وجدوه في ذكرياته، وبالنظر إلى ما فعلوه بأبي، وأيًّا ما فعلوه برواد الفضاء الستة الآخرين، الذين لا نعرف ما الذي حدث لهم حتى الآن، إن كانت عقول "فضائية" قاسية أو عديمة الرحمة إلى هذه الدرجة قد شعرت بالألفة تجاه والدي، فما الذي يقوله هذا عنه؟

أتساءل ماذا جرى لرواد الفضاء الآخرين، وأيّ خطأ ارتكبوه، حُكم عليهم بسببه بالإدانة؟

كتاب «رحلات جاليفر» يقرأه أبي كل يوم، لكنه لا يتجاوز أبدًا قصة الأقزام. كان يقرأ لي أجزاء من الكتاب بصوت مرتفع عندما كنت صغيرة، وبعد ذلك، حلمت بأنني عملاقة بين أقزام.

ألا يحلم الجميع بذلك؟

هل الجميع يقسون على الأقزام في أحلامهم؟

أم أن الجميع كذلك، ما عدا أبي؟ ■

NATURE.COM
تابع المستقبليات:
@NatureFutures
go.nature.com/mtoodm

أناتولي بِليلوفِسكي: ولد في بلد يُعرف الآن بأوكرانيا، وتعلَّم الإنجليزية من إعادة عرض حلقات «ستار تريك»، وشق طريقه في كلية أمريكية بتدريس اللغة الروسية في أثناء تخصصه في الكيمياء، وعمل على مدى الثلاثين عامًا الماضية كطبيب أطفال في نيويورك في مهنة تمثل فيها الإنجليزية رابع أكثر اللغات المنطوقة شيوعًا.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

استثمار البحث في الصناعة



www.kacst.edu.sa